

Iniciativa Sistémica para la Excelencia Educativa en Ciencias y Matemáticas
(PR-SSI)

LOS PROCESOS GEOFÍSICOS Y LA FORMACIÓN DE LAS ROCAS

Octavo Grado

Guía del Maestro (a)



Edición revisada-mayo 2001

Ciencias y Matemáticas para Todos

Puerto Rico Statewide Systemic Initiative (PR-SSI) es una alianza entre el Departamento de Educación, el Consejo General de Educación y el Centro de Recursos para Ciencias e Ingeniería bajo el Auspicio de la Fundación Nacional de Ciencias (OSR-9250052)

©2001 Centro de Recursos para Ciencias e Ingeniería, Universidad de Puerto Rico.
All rights reserved. Queda prohibida la reproducción de esta publicación o partes de la misma por cualquier método.

Iniciativa Sistémica para la Excelencia Educativa en Ciencias y Matemáticas
(PR-SSI)

LOS PROCESOS GEOFÍSICOS Y LA FORMACIÓN DE LAS ROCAS

Octavo Grado

Guía del Maestro (a)

Este bloque se basa en el trabajo original realizado por:

Prof. María Sanabia- Escuela Sotero Figueroa, Río Piedras

Prof. Mildred Guerrero- Escuela Juan Serrallés, Ponce

Prof. Ángel Colón, Cayey

Dr. René Picó- CRCI - UPR, Río Piedras

Producción y revisión: Prof. Acenet Bernacet Méndez
mayo 2001

Nota de Agradecimiento

Agradecemos al Dr. Juan G. González Lagoa, a la Dra. Vanessa I. Monell González y al Dr. Hernán Santos Mercado, los autores del manual **Introducción a las Ciencias Terrestres** la autorización para utilizar parte de su material en los trasfondos para el maestro que aparecen en esta guía. Todos los trasfondos, con la excepción del que aparece en la Parte I- Erosión y Sedimentación, son producto de los autores antes mencionados.

TABLA DE CONTENIDO

TEMA	Página
Introducción: Procesos Geofísicos	4
Metas del Bloque	5
Estándares	6
Para Ti Maestro (a)	8
PARTE I: LOS PROCESOS GEOFÍSICOS Y LA FORMACIÓN DE LAS ROCAS	
TRASFONDO PARA EL MAESTRO	9
AGUA: "LENTA CONSTRUCTORA DE MARAVILLAS"	11
GOTA A GOTA	14
FORMACIÓN DE UN RÍO	17
EROSIÓN	20
LO QUE EL AGUA SE LLEVÓ	24
LA ACTIVIDAD HUMANA	27
CUANDO SE LLEGA AL FONDO	29
DIALOGUEMOS SOBRE EL "MALL"	32
PARTE II: LOS MINERALES	
TRASFONDO PARA EL MAESTRO	36
LOS MINERALES: BLOQUES CONSTRUCTORES DE LAS ROCAS	46
CULTIVANDO CRISTALES	49
IDENTIFICANDO MINERALES	52
LOS MINERALES Y LOS SERES VIVOS	56
PARTE III: ROCAS ÍGNEAS	
TRASFONDO PARA EL MAESTRO	58
LOS VOLCANES	63
REVELANDO LA ROCA	65
CONOCIENDO AL GRUPO "I"	68

PARTE IV: ROCAS SEDIMENTARIAS	
ROCAS SEDIMENTARIAS - TRASFONDO PARA EL MAESTRO	71
MENÉALO	78
JUNTITOS Y PEGADITOS	80
FORMANDO MÁS ROCAS SEDIMENTARIAS	82
SUPER PEGADITOS	84
SOBRE LAS ROCAS	86
MI ROCA "S" ENTRE OTRAS ROCAS	88
CONOCIENDO AL GRUPO "S"	90
UNA ROCA "S" NOS CUENTA SOBRE EL PASADO	92
PARTE V: ROCAS METAMÓRFICAS	
TRASFONDO PARA EL MAESTRO	95
SE PARECE, NO SE PARECE	101
PÍBALO	103
ROCAS DE OTRAS ROCAS	105
CONOCIENDO AL GRUPO "M"	107
TE PRESENTO A MI ROCA	109
EL CICLO DE LAS ROCAS (I)	111
EL CICLO DE LAS ROCAS (II)	113
LAS ARENAS DE MI ISLA	114
BIBLIOGRAFÍA	116
MATERIALES	117
Apéndices	
1. Cuencas del sistema fluvial en Puerto Rico	118
2. Organizaciones Informativas	125
3. Instrucciones para el uso del Timol	126
4. Figuras Geométricas	127
5. Gravedad Específica	133
6. Mapa Esquemático de Puerto Rico	134
7. Instrucciones - Fósiles	136
8. A. Las rocas sedimentarias	137
B. Los minerales con lustre no metálico	138
9. Ciclo de las rocas	139
10. Clases de arenas en Puerto Rico	140
11. Claves dicotómicas para clasificar rocas	144

Bloque: Los Procesos Geofísicos y la Formación de las Rocas

Guía de los Maestros

Introducción: Procesos Geofísicos

Tanto las rocas que están en la superficie terrestre como las que están debajo de ella, son modificadas continuamente por diversos procesos o fuerzas naturales. Algunos de estos procesos, como el desgaste y el metamorfismo, producen cambios en las rocas sin moverlas de sitio; otros, como el movimiento orogénico, el vulcanismo y los terremotos, cambian las rocas y otros materiales geofísicos de sitio. Entre los procesos geofísicos que han modificado la superficie de Puerto Rico a través de su historia está el movimiento orogénico (la formación de montañas) y las actividades sísmicas, volcánicas y erosivas.

La meteorización es el proceso que ocasiona cambios en las rocas que están en la superficie o cerca de la superficie terrestre. La meteorización incluye dos procesos, uno físico y el otro químico. La desintegración es el proceso físico donde se rompen grandes masas de rocas en fragmentos más pequeños. En el proceso químico se forman sustancias nuevas de los elementos que componen las rocas.

El viento, el agua y los cambios en temperatura son los agentes que causan la desintegración de las rocas. La descomposición ocurre mayormente en lugares de temperaturas altas, de mucha humedad y donde se encuentra materia de origen vegetal en descomposición. Estos factores aceleran las reacciones químicas. El ácido del humus que la vegetación añade a los suelos, aumenta la meteorización química. En el área de los desiertos y las zonas polares, las bajas temperaturas y la falta de humedad mantienen en mínimo la meteorización química.

La erosión tiene una importancia grande debido a la formación de suelos. El agua ya sea en forma de lluvia, río, mares o corrientes subterráneas siempre está alterando las rocas y los suelos con los cuales hace contacto. El agua transporta los materiales productos de la meteorización. Los valles son el resultado de la acción erosiva de los ríos.

La erosión también puede dañar los suelos. En estos momentos, la erosión es uno de los mayores problemas que confronta nuestras reservas de agua. El principal contribuyente en la problemática antes descrita, es el propio ser humano cuando trastoca el equilibrio de la naturaleza. Por tanto es importante desarrollar en los educandos, desde edad temprana, el aprecio por los recursos naturales y la necesidad de tomar medidas para proteger nuestros suelos, playas, arrecifes y manglares, desarrollando prácticas que sean cónsonas con la conservación del medio ambiente.

Metas del Bloque

El Bloque pretende que los estudiantes desarrollen una serie de actividades concretas relacionadas con el proceso de erosión, el ciclo de las rocas, la formación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas y con la conservación de suelos y del recurso agua. Al finalizar este bloque el estudiante podrá:

- I. Definir y describir el proceso de erosión y los cambios constantes que sufre la superficie terrestre a causa de este.
- II. Definir y describir el proceso de sedimentación y sus implicaciones para los cuerpos de agua.
- III. Definir y describir los procesos de formación de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.
- IV. Clasificar las rocas desde la perspectiva de su formación.
- V. Describir e identificar las regiones de Puerto Rico desde la perspectiva de su formación.
- VI. Describir la importancia de fomentar la conciencia ecológica en nuestra comunidad en lo que respecta a la conservación de los recursos suelo y agua.
- VII. Proponer estrategias para la conservación de los recursos suelo y agua a nivel individual y a nivel comunitario.

Preguntas Esenciales

- ¿Cuáles son los factores que causan cambios en la superficie terrestre?
- ¿Cuáles son los recursos naturales de Puerto Rico?
- ¿Cómo podemos conservar los recursos naturales de Puerto Rico?
- ¿Cómo se forman las rocas?

Nota al maestro (a):

La Actividad 27: *Las Arenas de mi Isla* con la cual concluye el bloque, requiere el uso de diferentes muestras de arena. Le sugerimos que consiga por lo menos cuatro (4) muestras de arena de diferentes lugares o que desde el inicio del bloque indique a sus estudiantes que si visitan **con sus padres** playas, ríos o lagunas que recojan algunas muestras de arena y que las traigan al salón. Indique a sus estudiantes que utilicen envases tales como frascos pequeños de comida para bebés para recoger las muestras. Instruya a sus estudiantes a que **coloquen una etiqueta** en cada recipiente, la misma debe contener la siguiente información: **lugar** donde se tomó la muestra y la **fecha**.

Estándares

Las actividades del bloque: *Los Procesos Geofísicos y la Formación de las Rocas* aportan al desarrollo de los siguientes estándares de contenido según el documento: Los Estándares de Contenido para la Enseñanza de la Ciencia del Programa PR-SSI.

Estándar 1: La naturaleza de la ciencia

- La actividad científica se distingue por el uso de métodos empíricos y de argumentos lógicos en la solución de problemas.
- Los científicos formulan y someten a prueba sus explicaciones de la naturaleza a partir de sus observaciones, sus experimentos y sus modelos teóricos y matemáticos.
- Las ideas científicas están sujetas a modificaciones, según surge nueva información.

Estándar 2: La estructura y los niveles de organización de la materia

- La materia se clasifica en sustancias puras o mezclas.
- Las sustancias puras tienen propiedades características tales como el punto de fusión, el punto de ebullición y la densidad.
- La materia está compuesta de partículas invisibles para el ojo humano.
- En la superficie de la Tierra hay distintos tipos de rocas y minerales.
- La Tierra posee atmósfera, corteza y una parte interna.

Estándar 3: Los sistemas y los modelos

- La materia puede ser representada por medio de modelos.
- Se pueden usar diferentes modelos para representar una misma cosa. El tipo de modelo y la complejidad dependen del propósito.

Estándar 4: La Energía

- Se requiere energía para producir cambios en un sistema.

Estándar 5: Las interacciones

- Las sustancias -al juntarse- pueden producir mezclas o compuestos cuyas propiedades estén determinadas por la naturaleza de la interacción.
- Los efectos de las interacciones en la superficie de la Tierra pueden observarse a corto plazo o en escalas geológicas.
- La actividad humana puede afectar los recursos naturales y la calidad del ambiente.

Estándar 6: La conservación y el cambio

- Los cambios químicos producen nuevas sustancias con propiedades diferentes; mientras que los cambios físicos afectan solamente las propiedades físicas de la materia.
- El ciclo de formación de las rocas describe cambios continuos que ocurren en el interior y en la superficie de la Tierra.

Estándar 7: La ciencia, la tecnología y la sociedad

- El conocimiento científico influye en la visión que tiene la sociedad sobre sí misma y sobre el mundo.
- La actividad científica se rige por la ética.

Para Ti Maestro(a)

La enseñanza de ciencias en el Programa de PRSSI está basada en la participación activa de los estudiantes y en el descubrimiento por ellos mismos de los principios y datos que los llevan al desarrollo de conceptos. De modo similar los estudiantes, utilizan las destrezas mentales, motoras y las relacionadas a las ciencias en el contexto específico del contenido presentado. Es necesario que usted como facilitador del proceso de aprendizaje de los estudiantes le de la oportunidad a estos para que se desarrollen dentro de este marco filosófico. Esto requiere que antes de dar la información por medio de lecturas, conferencias, películas, u otro modo, el estudiante tenga la oportunidad de realizar las actividades de este bloque en el momento apropiado.

Las actividades están ubicadas en el orden del desarrollo conceptual requerido y sugerimos que se realicen de este modo. Hay actividades que se pueden asignar con suficiente tiempo ya que ocurren por varios días. En este caso, pueden estar llevándose a cabo varias actividades de un modo simultáneo. El uso de la “internet” es importante que se fomente, ya que esta tecnología brinda información y datos muy importantes para realizar de un modo efectivo varias actividades. Los sitios recomendados aparecen tanto en la guía del estudiante como en la del maestro.

Las técnicas y metodología de enseñanza que puede utilizar para desarrollar sus clases son variadas. Escoja aquellas que estén más a tono con su realidad y facilidades disponibles, pero no sacrifique la curiosidad y el deseo de investigar de los estudiantes.

¡Adelante y éxito en el proceso de guiar a los estudiantes en el descubrimiento!

I. Bloque: Los Procesos Geofísicos y la Formación de las Rocas

Erosión y Sedimentación

En bloques anteriores haz estudiado el ciclo del agua. ¿Qué pasa con el agua una vez se precipita? En el momento que una gota de agua toca la superficie terrestre, comienza su viaje hacia el océano. Tres acontecimientos pueden ocurrir: el agua se puede evaporar, puede ser absorbida por el terreno o fluye sobre éste. A ese movimiento del agua sobre la superficie terrestre se conoce como **escorrentía**.

Cuando el agua se mueve sobre la tierra, va recogiendo, cargando y arrastrando partículas de terreno. Este proceso de transporte en un agente móvil como el agua se define como **erosión**. La erosión es el proceso de desgaste del terreno. La mayoría de las grandes formaciones naturales que encontramos sobre la superficie del planeta han sido forjadas por los efectos de este proceso. El sistema de Cavernas del Río Camuy, el Cañón de San Cristóbal en Barranquitas, las colinas y empinadas laderas de nuestros campos y los valles de suaves contornos que bordean nuestras costas, son sólo ejemplos del impacto de la erosión a través de miles de años. El agua no es el único agente erosivo. También el viento y el hielo ayudan a transportar materiales y redefinir los contornos terrestres.

La erosión es afectada por diversos factores, entre éstos, los más importantes son: cantidad de precipitación, contornos del terreno, topografía, tipo de terreno y vegetación sobre el terreno. Estos en diferentes combinaciones aceleran o disminuyen la razón de erosión de un lugar dado.

La precipitación o lluvia es una de las causas mayores de la erosión. En áreas donde la precipitación promedio es alta, el volumen de **escorrentía** es alto, por lo tanto hay una razón alta de erosión. La topografía del terreno, o su contorno, contribuye positiva o negativamente a la erosión. En lugares donde la inclinación del terreno es mayor, ocurrirá mayor erosión. Si el agua corre sobre un terreno con mayor rapidez, mayor fuerza ejercerá sobre la superficie arrastrando mayor cantidad de partículas a su paso. El tipo de suelo es un factor muy importante. Un suelo que se sature fácilmente provocará mayor escorrentía. A su vez, un tipo de suelo poco poroso impide una absorción rápida del agua sobre la superficie, aumentando el volumen de escorrentía y por ende, ocurrirá mayor erosión. Si el suelo no está muy compactado o contiene un por ciento alto de humus, mayor cantidad de agua podrá ser absorbida por éste. La erosión disminuye en áreas cubiertas por vegetación. Las plantas ayudan a mantener o coleccionar partículas de terreno entre sus raíces y además, disminuye el movimiento del agua sobre su superficie, logrando así, que mayor cantidad de agua sea absorbida por el terreno, lo cual reduce el volumen de escorrentía.

La erosión ocurre naturalmente, pero también, es causada por la mano del hombre. Las malas prácticas agrícolas están contribuyendo a la pérdida de la capa fértil de nuestros suelos. El manejo inadecuado de los terrenos en las construcciones está causando estragos en las áreas

desarrolladas, tanto en los terrenos del interior de Puerto Rico como en sus costas. La extracción de materiales de la corteza terrestre causa un problema de erosión particular y ha llevado a la casi total desaparición de las dunas arenosas de nuestra costa norte, vital recurso en la protección del litoral y fuente de atracción turística y de belleza. La destrucción en nuestras costas de sistemas naturales como los arrecifes de coral y los manglares por la acción directa del hombre o por los contaminantes descargados por el agua, ha contribuido a la erosión de nuestras playas en algunas áreas, ya que estos sistemas son barreras protectoras contra la fuerza del oleaje.

Unido al problema de la erosión está el problema de sedimentación. Ésta, en la mayor parte de los casos, es el resultado directo de la erosión de nuestras tierras. Muchas veces los sedimentos encontrados en nuestras aguas son beneficiosos cuando pasan a formar parte de los materiales que la playa necesita para su estabilidad. Sin embargo, otras veces, cuando la sedimentación es excesiva debido a la erosión de terrenos mal usados, se convierte en un problema de múltiples dimensiones. Estos sedimentos se depositan en nuestras reservas de agua potable reduciendo su capacidad de almacenaje; interfieren con el procesamiento del agua, aumentando así su costo; causa la muerte de los organismos escultores de los grandes arrecifes coralinos; tapan canales, alcantarillados y cunetas causando inundaciones y costos altísimos de mantenimiento y cargan sustancias tóxicas hasta los abastos de agua potable.

El puertorriqueño de hoy debe crear conciencia de estos graves problemas causados por la erosión natural y por la intervención de la mano del hombre, y aprender métodos para el control de estas. La educación sobre estos temas debe ir unido al interés de todos los miembros de la comunidad puertorriqueña que están directa o indirectamente relacionados con el manejo de la tierra para así lograr la conservación de nuestros suelos y nuestras playas.

AGUA: "LENTA CONSTRUCTORA DE MARAVILLAS"

Introducción:

Se explorará en discusión informal con los estudiantes los factores que causan cambios en la superficie terrestre, entre éstos la acción volcánica, y la meteorización. Esta actividad requiere que el maestro asigne previamente a los estudiantes traer láminas donde se observe la diversidad de cambios en la superficie terrestre. Se recomienda que el maestro prepare una colección propia para complementar las traídas por los estudiantes.

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

Luego de finalizadas las actividades los estudiantes podrán:

1. Explicar como el tectonismo y el vulcanismo moldean la superficie de la tierra.
2. Identificar los cambios en la superficie terrestre causados por la acción del agua.
3. Agrupar láminas de acuerdo a la acción del agua en la superficie terrestre.
4. Explicar el sistema de agrupación creado.

Conceptos: Erosión, Escorrentía

Procesos: Observación, Clasificación, Inferencia, Comunicación

Pasos Pre-Actividad:

Solicite a los estudiantes traer láminas o dibujos originales donde se observe el trabajo hecho por el agua sobre la superficie del planeta.

Actividades sugeridas:

1. Presente una ilustración de un volcán en erupción y pregunte a los estudiantes como influye la actividad volcánica en los cambios sufridos por la superficie terrestre. Esta actividad pretende activar los conocimientos adquiridos durante el estudio del bloque: Nuestra Tierra Dinámica y Cambiante. Los conceptos presentados en ese bloque incluyen aspectos de tectonismo y vulcanismo: muchas montañas se forman por los choques que ocurren entre las placas que forman la corteza terrestre (tectonismo) y los volcanes forman montañas volcánicas (vulcanismo). La lava y otros materiales ígneos extrusivos de los volcanes forman las montañas en muchas áreas del mundo.
2. A modo de exploración, pregunte a los estudiantes que otros factores pueden cambiar la superficie terrestre.

3. Utilice las láminas traídas por los estudiantes para que éstos las agrupen de acuerdo a las formaciones creadas por el agua. Se sugiere que divida la pizarra o una pared del salón en secciones. Ofrezca instrucciones para que los estudiantes analicen sus láminas y decidan dónde colocarlas. Dirija la discusión hacia la identificación de las láminas que ilustren diferentes formaciones y rotular cada grupo (Ej. cuevas, playas, montañas). Según las vayan pegando, deberán inferir por qué las colocan en los respectivos grupos. Una vez han formado los diferentes grupos, proceda a realizar una discusión con el grupo. Formule las preguntas que crea pertinentes para ayudar al estudiante en el proceso de hacer inferencias. Algunos ejemplos pueden ser:

- ¿Cuáles son algunas semejanzas y/o diferencias observadas en las láminas?
- ¿Cuánto tiempo crees que le ha tomado a la naturaleza dar origen a estas formaciones terrestres?
- ¿Qué procesos crees que ayudaron a formarlas?
- ¿Puedes relacionar entre sí a cada uno de los grupos?

4. Una vez explore los conocimientos de los alumnos con la actividad anterior, escriba la siguiente frase en la pizarra para que los estudiantes la analicen:

AGUA: “LENTA CONSTRUCTORA DE MARAVILLAS”

- ¿Qué significa esta frase para ti?
- ¿Cómo la relacionas con los grupos de láminas que formaron?
- ¿Qué relación existe entre los cambios en la superficie terrestre y el tiempo?

5. Los estudiantes formarán un "collage" con las láminas y le pondrán de título - Agua: "Lenta constructora de maravillas".

Nota al maestro (a):

Si el tiempo no es suficiente, se puede entregar las láminas a varios estudiantes para que formen el "collage".

Actividad de extensión:

Asigne a los estudiantes que, haciendo uso de la frase, "**Agua: Lenta constructora de maravillas**" redacten en forma creativa poesías, ensayos, dibujos o canciones donde interpreten el significado de la frase. Este trabajo pudiera considerarse para incluirse en el portafolio del estudiante.

GOTA A GOTA

Introducción:

Los estudiantes relatarán sus experiencias en cuanto a como se mueve el agua de lluvia sobre la superficie terrestre y como causa cambios en la misma.

Tiempo sugerido: 150 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Identificarán y describirán el proceso de erosión por el agua como uno de los factores que cambian la superficie del terreno.

Concepto: Erosión

Procesos: Observación, Formulación de inferencias, Predicción, Creación de modelos

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio

Materiales:

½ vaso de arena seca
agua
botella de 2 litros plástico
tapón de goma # 3 de dos agujeros
bandeja de erosión
2 tubos de vidrio de 12 cm (6mm de diámetro)
1 tubo de goma de 9 cm
1 tubo de goma de 30 cm
presilla
vaso plástico de 7 onz.
papel toalla o periódico

Pasos Pre-Actividad:

El maestro necesita preparar los materiales a utilizarse en la siguiente actividad con anterioridad:

1. Asegúrese que la arena esté completamente seca.
2. Prepare el tapón de goma para introducir los tubos de vidrio en cada uno de los agujeros. Lubrique los tubos con glicerina u otro lubricante para facilitar el montar y desmontar el sistema.

3. Fije los tubos de goma a los tubos de vidrio (**lubrique los extremos de éstos previo a fijarlos**). El tubo de 9 cm de largo es el tubo de salida del agua; el tubo de 30 cm de largo es el tubo para la entrada del aire al sistema
4. Llene la botella plástica hasta 3 cuartas partes con agua y fije el tapón de goma a ésta.

La **Figura 1** muestra como el sistema debe quedar instalado:

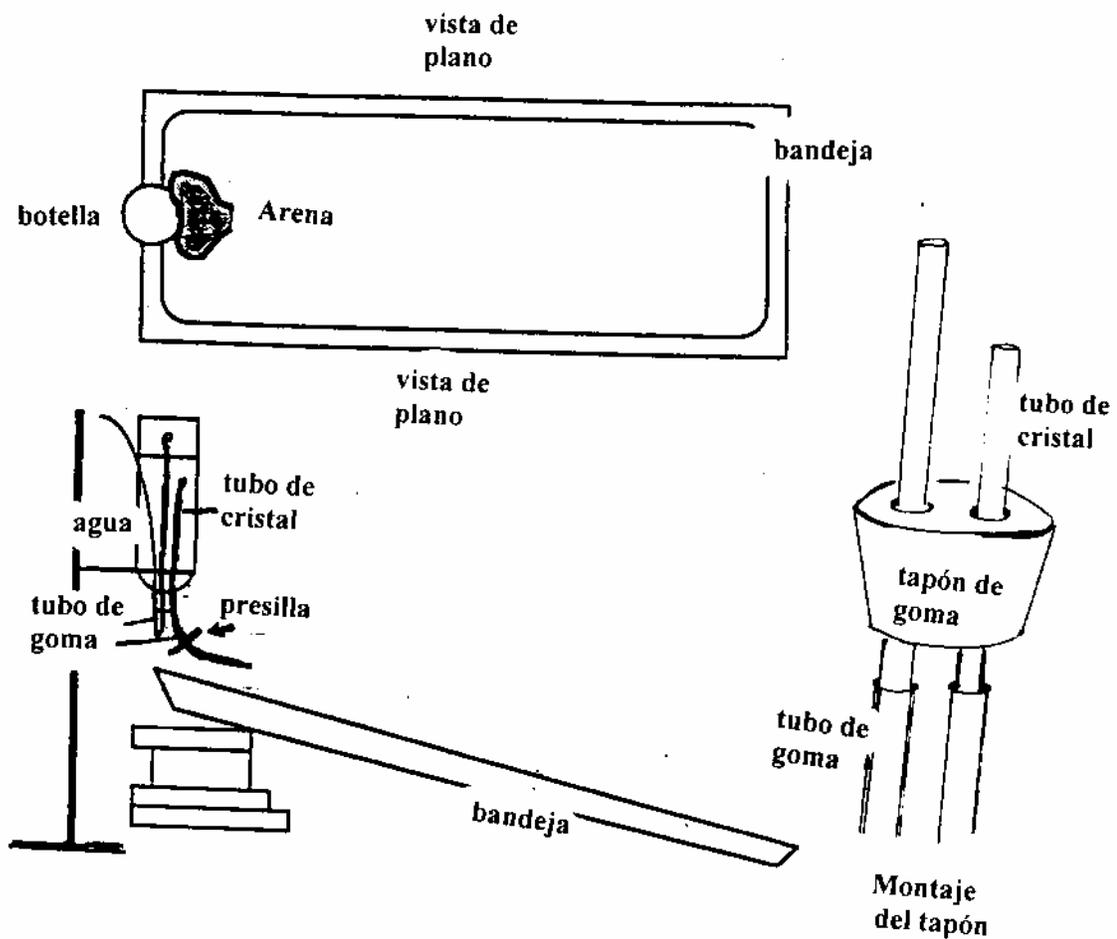


Figura 1

Nota al maestro (a):

Existen otros montajes que puede adaptar y utilizar para estos propósitos (ver montajes: *La Ciencia de la Tierra y el Espacio*, página 245 o Descubrimiento 9, Editorial Santillana, pág. 41).

Procedimiento:

1. Motive a los estudiantes a realizar la Actividad 1: Gota a Gota. Ver Manual del Estudiante para procedimiento.
2. Luego de finalizada la actividad, discuta con los estudiantes las preguntas sugeridas al final de la actividad.

Nota al maestro (a):

Luego de esta actividad conserve montado el sistema ya que volverá a utilizarlo en la próxima actividad.

FORMACIÓN DE UN RÍO

Introducción:

En la actividad anterior los estudiantes trabajaron con los conceptos de saturación, escorrentía y erosión. Durante el transcurso de esta sección explorarán los componentes de un **sistema fluvial**. Un sistema fluvial está compuesto por **tributarios, ríos y cuencas**. Los **tributarios** son pequeños ríos y quebradas que nutren un río principal. La fuerza de gravedad hace que los tributarios fluyan hacia el río principal debido a su trayectoria descendente. El terreno que provee agua a un sistema fluvial se conoce como **cuenca**.

Tiempo sugerido: 250 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Enumerarán las características de los ríos.
2. Explicarán cómo se forman los ríos.
3. Identificarán los ríos en diferentes localizaciones por sus características de formación.
4. Identificarán factores que afectan el flujo del agua en un río.
5. Propondrán medidas para la conservación de los ríos.

Conceptos: Tributario, Río, Cauce, Meandros, Cuenca

Procesos: Observación, Formulación de inferencias, Predicción

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Trabajo cooperativo

Materiales:

Mapa de Puerto Rico

Procedimiento:

1. Solicite a los estudiantes que lleven a cabo la Actividad 2: ¿A dónde va el agua que cae sobre los techos de nuestras casas? Ver el Manual del Estudiante para el procedimiento. Esta actividad requiere que los estudiantes, basándose en sus observaciones y experiencias previas, describan por escrito o mediante dibujos, lo que le sucede a las gotas de agua de lluvia que caen sobre el techo de su casa o sobre el techo de las casas del vecindario. Algunas de las respuestas ofrecidas por los estudiantes pueden ser: las gotitas de agua se unen para formar un chorrito, los chorritos se juntan para formar un chorro más grande, el agua sigue la pendiente del pavimento o terreno, sigue por las cunetas hasta llegar al alcantarillado, del alcantarillado va al río, alguna (agua) se evapora. Durante la discusión de la

actividad aclare que el agua que fluye sobre la superficie terrestre como resultado de la lluvia se conoce como escorrentía, escurrimiento o agua de desagüe. Ofrezca tiempo para que los grupos de estudiantes, luego de finalizada la actividad, contesten las preguntas que aparecen al final de la actividad en el Manual del Estudiante:

- ¿Llega al mar toda el agua que cae sobre el techo de nuestras casas? Explica tu contestación.
- ¿Qué factores (cosas) podrían cambiar la trayectoria del agua de escorrentía?
- Las posibles respuestas de los estudiantes podrían ser: depende de la cantidad de sol, de que las cunetas o alcantarillas estén tapadas, que ocurran deslizamientos de tierra, que haya desbordamiento, entre otras.
- Las casas de un barrio o urbanización, frecuentemente tienen diferentes alturas o niveles. Haz una analogía (comparación) entre como cae el agua sobre los techos de las casas y lo que sucede en la naturaleza.

Discuta las respuestas ofrecidas por los diferentes grupos cooperativos con el pleno de la clase.

2. Motive a los estudiantes para que lleven a cabo La Actividad 3: Formación de un río (Parte A). Ver Manual del Estudiante para procedimiento. Finalizada la actividad, discuta con el grupo en pleno, las preguntas que los estudiantes se supone contesten mientras están haciendo sus observaciones.
3. Busque un mapa de Puerto Rico donde estén ilustrados los ríos principales y sus tributarios.
 - (a) Escriba la palabra “tributario” en la pizarra. Explore con sus estudiantes el significado de la misma. Puede solicitar a los estudiantes que busquen la raíz de la palabra contribución (tributo) que quizás sea más familiar para éstos. La palabra tributario viene del Latín *tributarye* que significa pagar tributo; aportar.
 - (b) Use un mapa de Puerto Rico para que los estudiantes identifiquen un río principal y sus tributarios. Señale en el mapa el área (terreno) que suministra agua a este sistema fluvial. Mencione que los predios de terreno que suministran agua al sistema fluvial se conocen como **cuenca**. Vea el **Apéndice 1** para información sobre las cuencas del sistema fluvial en Puerto Rico.
 - (c) Estimule a sus estudiantes para que lleven a cabo la Parte B de la Actividad: *Formación de un río*. Sugerimos que esta actividad se lleve a cabo en grupos cooperativos. Pida a sus estudiantes que escojan un río principal y que identifiquen sus tributarios. Motive a los estudiantes para que hagan un dibujo o una representación de su sistema fluvial o de desagüe. Trate que diferentes

grupos escojan diferentes ríos para tener una discusión posterior más variada. Finalizada la actividad, provea tiempo para que los estudiantes contesten grupalmente las preguntas que aparecen a continuación. Luego discuta las contestaciones de los diferentes grupos con toda la clase.

Refiérase a la Actividad 3A: Conociendo los Ríos de Puerto Rico. Exhorte a sus estudiantes para que lleven a cabo la **Actividad de Extensión** que aparece al final de la actividad. La actividad puede trabajarse en grupo cooperativo o individualmente. Provea tiempo para que los estudiantes presenten su trabajo.

- ¿Dónde se origina el río?
 - ¿Cuáles son sus tributarios
 - ¿Qué terrenos forman la cuenca de ese sistema fluvial?
 - (Probablemente los estudiantes descubran que territorialmente la cuenca de un sistema fluvial puede cubrir terrenos de varios municipios.)
 - ¿Por qué es importante mantener los tributarios y los ríos libres de escombros?
 - ¿Qué efectos pudiese tener la deforestación en las laderas y en las cuencas de los ríos?
 - Repasen lo que hicieron en la Actividad "Durante un día lluvioso." ¿En qué se parece la formación de los ríos a lo que describieron en esa actividad?
 - Hace algunos años, hubo que racionar el servicio de agua en casi todos los pueblos de Puerto Rico. Sin embargo, en muchos pueblos de la isla llovía con bastante regularidad. ¿Cómo le explicarías a tu hermano pequeño que aún cuando llueve regularmente haya la necesidad de racionar el agua en tu pueblo?
4. Lleve a cabo o asigne a sus estudiantes una lectura sobre el desarrollo de sistemas de ríos. A tales fines puede utilizar la lectura que aparece en el libro La Ciencia de la Tierra y el Espacio: "Los sistemas de agua," págs. 239-241 (Merril) o la que aparece en Descubrimiento 9: "La acción geológica del agua superficial", pág. 40 y "Las aguas superficiales" pág. 206.(Ediciones Santillana) u otra lectura sobre el desarrollo de los ríos que esté a tono con el tema y con el nivel de los estudiantes. Indique a los estudiantes que luego de efectuada la lectura, formulen tres preguntas sobre la misma. Luego de finalizada la lectura, lleve a cabo una tabulación de las preguntas para evitar repeticiones cuando las discuta con el pleno de la clase.

EROSIÓN

Introducción:

Esta fase está diseñada para que los estudiantes se familiaricen profundamente con el proceso de erosión del terreno por el agua, tomando en consideración las variables que lo afectan y cómo éstas se interrelacionan. Los estudiantes deben entender que la erosión del terreno es un proceso que ocurre naturalmente y que ocurre a diferentes ritmos. Por ejemplo, un fuerte aguacero puede mover una cantidad sustancial de terreno de una montaña en un período de una o dos horas. Sin embargo, toma centenares de años para que el agua deforme la superficie de la Tierra. Las montañas de Puerto Rico no siempre fueron como las vemos hoy. Los causes de los ríos que vemos en el presente no son los mismos que los taínos vieron cuando vivían en la isla. La superficie de nuestro planeta está en constante cambio. Unos cambios causados por la erosión del terreno ocurren rápidamente y otros son el resultado del constante desgaste del terreno en el transcurso de un período de tiempo mucho más extendido.

Existen numerosas variables que en combinación aceleran o disminuyen el proceso de erosión. Entre éstas tenemos: la cantidad de precipitación, la inclinación del terreno, el tipo de suelo, la cantidad de vegetación que cubre la superficie y el factor humano. El factor humano ha intervenido en este proceso acelerando mayormente el ritmo de erosión de la Tierra.

Las actividades que se presentan a continuación pretenden que mediante la lectura, la observación y preguntas guías el alumno conceptualice los aspectos explorados en las actividades anteriores.

Tiempo sugerido: 200 a 250 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Identificarán los factores principales que contribuyen a la erosión causada por el agua.
2. Identificarán las actividades de los seres humanos que aceleran el proceso de erosión.
3. Desarrollarán un plan de acción para evitar la erosión en su comunidad.

Conceptos: Erosión

Técnica de enseñanza sugerida: Excursión, Discusión, Trabajo cooperativo

Preparación previa:

Para esta actividad deberá preparar un conjunto de ilustraciones (diapositivas, láminas, fotografías o dibujos que muestren los efectos de la erosión sobre el terreno). En algunas escuelas existe un "set" de diapositivas: *El proceso de erosión del terreno*, preparadas por el Dr. José Molineli, que se pueden utilizar.

Procedimiento:

1. Mediante el uso de diapositivas, láminas, fotografías o dibujos, dirija a sus estudiantes a observar e identificar como el proceso de erosión ha alterado la superficie del terreno. Estimule a sus estudiantes a narrar una historia mencionando los pasos que pudieron haber ocurrido para que surgieran las diferentes formaciones que observan.
2. Debido a las fuertes lluvias que caen con frecuencia sobre nuestra isla, es posible que muchos de sus estudiantes hayan presenciado derrumbes (movimiento de masa). Exhórtelos a compartir la experiencia que ellos o algunos de sus familiares hayan tenido relacionados con los derrumbes que ocurren en Puerto Rico. Solicite que expliquen dónde ocurren estos movimientos de masa con más frecuencia y por qué ocurren. Aproveche la oportunidad para enfatizar que además de los derrumbes ocurridos por causas naturales, la actividad humana: construcción de carreteras, obstrucción de quebradas o ríos, construcción de casas en terrenos inapropiados entre otros, también ocasionan derrumbes.
3. Lleve a sus estudiantes a una excursión al patio de la escuela o a un lugar aledaño. Refiérase a la Actividad 4: El patio de mi escuela en el Manual del Estudiante. Si la excursión es fuera de los predios escolares recuerde solicitar los permisos correspondientes. Sugerimos dividir el patio de la escuela o el lugar seleccionado en sectores y asigne un sector a cada grupo cooperativo. Solicite a sus estudiantes identifiquen en su sector cambios en la superficie del terreno que pudieron haber sido causados por el agua y que hagan dibujos donde se ilustren estos cambios. Al finalizar la actividad discuta con los estudiantes las preguntas que aparecen al final de la actividad o las que tenga a bien hacer:

- ¿Qué cambios en la superficie del predio de terreno observado, pudieron haber sido causados por el agua?
 - La contestación a la pregunta anterior, ¿es una observación o una inferencia? Explica tu contestación.
 - ¿Qué otros factores, además del agua, pudieron haber contribuido a cambios en la superficie del terreno observado?
 - La contestación a la pregunta anterior, ¿es una observación o una inferencia? Explica tu contestación.
 - ¿Después de un aguacero, ¿qué puede sucederle a parte del terreno o del material expuesto?
 - ¿Qué medidas remediativas podrían tomarse para evitar la erosión en el sector estudiado?
4. Provea tiempo para que los estudiantes contesten individualmente las preguntas y luego compartan sus contestaciones con los integrantes de su grupo cooperativo. Como resultado de la actividad 4, los estudiantes deben descubrir que la cantidad de escorrentía en el lugar depende principalmente de cinco factores: la cantidad de lluvia que cae, la topografía del terreno (declive o pendiente del terreno), falta de vegetación, clase de terreno (arcilloso, arenoso, etc.) y el uso que se le da al terreno (ejemplo: un estacionamiento pavimentado no absorbe agua por lo tanto toda el agua de lluvia que cae se convierte en escorrentía, lo mismo sucede si el terreno es muy rocoso). También podrían inferir que durante un aguacero hay movimientos de materiales y que éstos son depositados en otro lugar. Este proceso de transporte de materiales se conoce como erosión. Asegúrese que los estudiantes entienden la diferencia entre una observación y una inferencia.

Nota al maestro (a):

Recuerde que la **erosión** surge como resultado de la **meteorización** que es la que ocasiona los cambios que sufren las rocas en la superficie terrestre. La meteorización incluye la desintegración y la descomposición de la roca y puede ser de naturaleza mecánica o química.

5. Asigne una lectura sobre la erosión. A tales efectos puede utilizar la que aparece en la página 221 a 223 en el libro La Ciencia de la Tierra y del Espacio 9 (Merrill), la que aparece en Descubrimiento 9 (Ediciones Santillana) págs. 38-40 o cualquier otra lectura que tenga disponible sobre el tema y que esté a tono con el nivel de los estudiantes. Sugerimos preguntas tales como las siguientes para el análisis de la lectura. El maestro deberá adaptar las preguntas a la lectura que escoja y que cumpla con los objetivos de la lección.
- ¿Cuál es la diferencia entre la erosión y la meteorización?
 - ¿Cuáles son los agentes erosivos (agentes geofísicos)? ¿Cómo trabajan estos agentes?
 - ¿Qué procesos ocurren en la erosión?
 - ¿Cómo ayuda la gravedad a causar la erosión?

- ¿Qué sitios en Puerto Rico son más propensos a derrumbes?
- Sugiera formas que puedan aminorar o evitar algunos derrumbes.
- Luego de millones de años sometidos a la erosión, ¿por qué no es plana la superficie de la Tierra?

Actividades de extensión:

1. Organice a sus estudiantes en grupos cooperativos. Asigne a cada grupo que identifique un área en su comunidad donde esté ocurriendo erosión y las causas de la misma. Para asistir a los estudiantes en su tarea puede utilizar las preguntas a continuación o formule otras que estén a tono con la actividad.
 - ¿Qué puedes hacer para eliminar o aminorar las causas de la erosión en el área seleccionada?
 - ¿Cuál es tu plan de acción?
 - ¿Cómo vas a evaluar los resultados?
2. Proyecte una película sobre erosión. Sugerimos la película titulada Erosión de (Britannica Films) o cualquier otra película disponible en su filmoteca de distrito o región. Se sugiere que vea la película con antelación a su proyección para que formule preguntas relevantes que ayuden en la discusión posterior de la misma.
3. Consiga en la biblioteca escolar una copia del poema "Río Grande de Loíza", de la poetisa puertorriqueña Julia de Burgos. En la página 216 del libro *Descubrimiento 9* de Ediciones Santillana, aparece un facsímil del mismo. Luego de que se haya leído el poema, pida a los estudiantes que identifiquen versos o estrofas que describan el río y su cauce. Solicite que señalen los versos que hacen referencia al ciclo del agua y al proceso de erosión. Motive a los estudiantes a que hagan dibujos que representen algunos de los versos que les gustaron más.

LO QUE EL AGUA SE LLEVÓ

Introducción:

Esta actividad provee al estudiante la oportunidad de diseñar un experimento en conjunto con sus compañeros para resolver un problema en específico.

Tiempo sugerido: 150 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Identificarán y describirán las variables que afectan el ritmo de erosión.
2. Establecerán relaciones entre las variables para obtener soluciones al problema de erosión natural.

Conceptos: Ritmo de erosión, Velocidad de las partículas sobre un plano, Factores que aceleran o disminuyen el ritmo de erosión

Procesos: Observación, Medición, Predicción, Formulación de hipótesis, Inferencia, Experimentación, Interpretación de datos.

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Trabajo cooperativo

Materiales:

bandeja de erosión
sistema de botella utilizado en “Gota a Gota”
vasos de 7 onz.
cronómetro
muestras de terreno:
arena, gravilla (de pecera), grava
servilletas o periódico

Pasos Pre-Actividad:

El maestro necesita llevar a cabo los siguientes pasos en la preparación de los materiales a utilizarse en la actividad:

Prepare el sistema de botellas como lo hizo para la actividad *Gota a Gota* (Ver Figura 1). Llene 3 vasos hasta 1/3 parte con cada una de las muestras de terreno y rotule grava: A1, A2, A3; gravilla B1, B2, B3; arena: C1, C2, y C3 respectivamente.

Procedimiento:

1. Antes de comenzar la actividad repase la Actividad 5: Lo que el agua se llevó. Refiérase al Manual del Estudiante para la descripción de la actividad e instrucciones para el estudiante. Se sugiere que ésta actividad se lleve a cabo en grupos cooperativos.
2. Presente a sus estudiantes un problema o pregunta. Ejemplo: El Sr. Camilo tiene tres tipos de suelo en su finca. ¿Cuál de los suelos se erosionará más? Formule preguntas que ayude a sus estudiantes a:
 - (a) Establecer el problema: ejemplo, ¿Qué efecto tendría el tamaño de las partículas de terreno en el tiempo que tardan en ser transportadas?
 - (b) Identificar la variable dependiente en el problema de investigación.
 - (c) Identificar los procedimientos que se utilizarán para medir la variable dependiente durante la investigación.
 - (d) Identificar la variable independiente.
 - (e) Identificar los procedimientos para manipular la variable independiente en la investigación.
 - (f) Identificar los procedimientos que se utilizarán para medir la variable independiente durante la investigación.
 - (g) Identificar otras variables que afecten la variable dependiente y que se mantendrán constantes en la investigación.
 - (h) Identificar los procedimientos para mantener constantes las variables seleccionadas en el paso #8, durante la investigación.
 - (i) Mencionar las posibles hipótesis que se pueden probar en la investigación (el estudiante debe justificar la hipótesis).
 - (j) Seleccionar una de las hipótesis para ser probadas (cada grupo cooperativo puede seleccionar una hipótesis o el grupo completo puede seleccionar sólo una hipótesis para trabajar con ella).
 - (k) Determinar y repasar los pasos en el procedimiento experimental de esa investigación.
 - (l) Demostrar el procedimiento a seguir enfatizando las medidas de seguridad necesarias.

Nota al maestro (a):

Sus estudiantes deben sugerir cómo medirían cada una de las variables y cómo procederían para llevarlo a cabo. Ayude a los estudiantes a llevar a cabo el procedimiento establecido para esta actividad mientras recoge sus insumos.

3. Luego que los estudiantes hayan contestado individualmente las preguntas que aparecen al final de la actividad y que hayan tenido la oportunidad de discutir con sus compañeros de grupo cooperativo sus respuestas, discuta las contestaciones con el grupo en pleno.
4. Formule preguntas que ayuden a sus estudiantes a:
 - (a) Llegar a una conclusión leyendo la información de la gráfica construida.
 - (b) Decidir si los datos rechazan o aceptan la hipótesis seleccionada.
 - (c) Modificar la hipótesis si es necesario.
5. Instruya a sus estudiantes para que discutan con su grupo semejanzas entre el modelo que ellos han utilizado en esta actividad y lo acontecido en la naturaleza. Los estudiantes deben identificar las montañas como las formaciones terrestres de mayor inclinación, las lomas como las de mediana inclinación y los llanos como las de menor o ninguna inclinación. De la misma manera deberán establecer la relación entre la inclinación, la rapidez de las partículas que son transportadas y el ritmo de erosión que generalmente ocurre en distintas áreas de acuerdo a la topografía. Luego de la discusión en grupos pequeños, provea tiempo para que los estudiantes compartan sus contestaciones con el resto de la clase.
6. Si lo desea, puede sustituir esta actividad (y el montaje de laboratorio) por la que aparece en la página 41 del libro Descubrimiento 9 de Ediciones Santillana, o la actividad 3-1 que aparece en la página 244 del libro La Ciencia de la Tierra y el Espacio (Merrill) teniendo cuidado de estructurar la lección de forma tal que el estudiante formule hipótesis y predicciones e identifique las variables antes de llevar a cabo la actividad.

LA ACTIVIDAD HUMANA

Introducción:

Las actividades llevadas a cabo por los seres humanos pueden afectar la acción de los agentes geofísicos (aguas superficiales, agua subterránea, el viento, las olas). Uno de los resultados de la actividad humana es la erosión del terreno. La erosión causada por algunos de estos agentes geofísicos puede causar grandes cambios en los paisajes y hasta ser responsables de gran destrucción de vida y propiedades en una comunidad. Algunas prácticas en la agricultura, la deforestación, la canalización de ríos, el aplanar inadecuadamente montes para construir urbanizaciones, la eliminación de mogotes y las canteras de piedras, constituyen actividades humanas que pueden acelerar e intensificar la acción de los agentes geofísicos (en especial el agente agua).

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Ilustrarán como las acciones del hombre pueden intensificar y acelerar el proceso de erosión.
2. Propondrán medidas para aminorar el impacto de la erosión en sus comunidades y a nivel isla.

Conceptos: Erosión, Agentes geofísicos

Procesos: Comunicación

Técnica de enseñanza sugerida: Collage, Graffiti

Materiales:

papel de estraza
marcadores de colores
cinta engomada o pega
láminas

Pasos Pre-Actividad:

Asigne a los estudiantes que traigan láminas, fotografías, dibujos originales o noticias de periódicos donde se demuestre el efecto de la actividad humana sobre el terreno. Entre las láminas y recortes traídas por los estudiantes pueden encontrarse ejemplos de construcción (casas, carreteras), noticias sobre extracción de arena, entre otros.

Procedimiento:

Utilice papel de estraza para cubrir las paredes del salón sobre las cuales los estudiantes montarán su “collage”. Provea a sus estudiantes marcadores de colores, pega o cinta engomada. Los estudiantes en sus grupos cooperativos trabajarán el collage pegando de forma creativa las fotografías, dibujos, noticias etc. que trajeron al salón y que ilustran el efecto de la acción humana sobre la superficie terrestre y su relación con la erosión del terreno. Luego de terminado el “collage” permita que los grupos de estudiantes expliquen como las láminas seleccionadas muestran la acción del hombre. Exhorte a los grupos a que propongan medidas que podrían tomarse para evitar o aminorar el daño causado por las actividades humanas. Si lo desea puede trabajar esta actividad utilizando la técnica de graffiti en lugar del “collage”.

CUANDO SE LLEGA AL FONDO

Introducción:

Nuestras reservas de agua están amenazadas por la acumulación de sedimentos en éstas. El volumen de agua en estas reservas se reduce anualmente dejando cada vez menos agua para nuestro consumo.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Describirán el proceso de sedimentación.
2. Identificarán situaciones donde el proceso de sedimentación afecta nuestros cuerpos y abastos de agua.
3. Propondrán medios para evitar la sedimentación excesiva.

Concepto: Sedimentación

Procesos: Observación, Formulación de inferencias, Predicción

Materiales:

1 bandeja de aluminio (cake pans) 12 3/8 x 8 3/8 x 1 1/2
caja de plástico
sistema de botella (utilizado en la lección #1)
arena
vaso #1
servilletas o periódicos
mapa de Puerto Rico

Procedimiento:

1. Presente el mapa de Puerto Rico que utilizó en actividades anteriores. Pida a los estudiantes que localicen y enumeren los embalses de agua en el mapa. Formule preguntas tales como las que sugerimos a continuación para iniciar la discusión.
 - ¿En que región(es) topográfica(s) se encuentran los embalses?
 - Recientemente, el gobierno de Puerto Rico ha tenido que invertir millones de dólares en labores de dragado en el embalse de Carraíso. ¿Cuáles son algunas posibles causas para que se tenga que efectuar ese dragado? Puede que algunos estudiantes se refieran al embalse como "Lago Carraíso." Aclare a los estudiantes que en Puerto Rico no hay lagos naturales, sino **embalses** creados por el hombre al construir represas.

- ¿Crees que es necesario invertir tanto dinero en el dragado de un lago? Explica tu contestación. Entre las posibles contestaciones ofrecidas por los estudiantes se encuentran entre otras; *sí, porque se necesita agua para el consumo de los residentes y para la industria, o no, porque se puede invertir el dinero en buscar otras fuentes de suministro de agua.*
 - ¿Cuáles son posibles consecuencias del dragado de un embalse? Entre otras, las posibles contestaciones ofrecidas por los estudiantes pueden incluir: *Habrà más agua disponible al aumentar la capacidad de almacenaje del embalse, se afectará la vida silvestre y la ecología del lugar, hay metales tóxicos acumulados en el sedimento que pueden contaminar el agua, hay dificultades en disponer de materiales que se sacan del lecho del embalse.*
 - ¿Qué podemos hacer para evitar la sedimentación excesiva? Estas preguntas se hacen a modo de exploración por lo tanto se aceptan todas las contestaciones ofrecidas por los estudiantes.
2. Motive a sus estudiantes para que lleven a cabo la **Actividad 6: Cuando se llega al fondo**. El modelo utilizado demostrará el proceso de deposición de sedimentos en un cuerpo de agua (lago o charca) y sus implicaciones para el mantenimiento de este. Refiérase al Manual del Estudiante para las instrucciones.

Componentes del sistema y sus representaciones:

- Bandeja superior- ladera de la montaña al borde del cuerpo de agua
 - Caja de plástico- Cuerpo de agua
 - Botella con agua- agua que se añade al sistema por el proceso de precipitación.
 - Vaso # 1- agua que sale del lago por concepto de: (1) consumo público y (2) desagüe del lago.
3. Provea tiempo para que los estudiantes contesten con su grupo cooperativo las preguntas propuestas en el paso # 6 de la actividad. Luego, discuta las contestaciones de los diferentes grupos con la clase.
4. Motive a los estudiantes para que lleven a cabo la lectura "El Movimiento de las Partículas en el Agua" que aparece en la página 42 del libro *Descubrimiento 9 de Ediciones Santillana*. También puede utilizar la lectura "La erosión causada por los ríos" del libro *La Ciencia de la Tierra y el Espacio* de Merrill u otra lectura que tenga disponible y que esté a tono con el nivel del estudiante. Formule preguntas a tono con la lectura seleccionada. Sugerimos preguntas tales como las siguientes para estimular la discusión de la lectura.
- ¿Existe alguna relación entre la deforestación y la sedimentación? Explica tu contestación.
 - ¿Cómo se forman los sedimentos?
 - ¿Cómo contribuyen los seres humanos a la sedimentación?

- ¿Cuáles son los factores que determinan la fuerza de un río para arrastrar y erosionar sedimentos?

Actividades de Extensión:

1. Como proyecto especial, solicite voluntarios que busquen información sobre las aguas subterráneas y sobre la zona kárstica* en Puerto Rico. Los estudiantes seleccionados presentarán un informe oral a sus compañeros. Entre otras cosas, el informe puede incluir entrevistas a organizaciones tales como Autoridad de Aguas, United States Geological, Water Services (USGS) y Los Ciudadanos del Karso. El **Apéndice 2** contiene información sobre como contactar estas organizaciones. Puede también recomendar a los estudiantes las siguientes lecturas: "El agua subterránea", pág. 44 y 45 del libro *Descubrimiento 9* de Ediciones Santillana; "El sistema de agua subterránea," pág. 240-241 del libro *La Ciencia de la Tierra y el Espacio* (Merrill). Recuerde a los estudiantes que deben explicar en su informe la importancia que tiene el agua subterránea para nuestra isla.

* Algunos textos escriben este término con c en vez de k (cárstica).

2. Sugerimos que haga arreglos para conseguir la vídeo cinta *Las Raíces del Agua* producida por *Los ciudadanos del Karso* que presenta la importancia de conservar la región del Karso norteño de Puerto Rico, ya que esta zona contiene inmensos abastos de agua. El vídeo presenta como se está afectando la región debido a los diferentes tipos de construcción y otras actividades humanas y las implicaciones futuras de estas actividades para este abasto de agua. Ver *Bibliografía y Materiales* para más información.
3. Discuta con los estudiantes el problema: ¿Cuánta es la descarga de agua y carga de sedimentos del Río Grande de Loíza? que aparece en la pág. 40 del libro *Descubrimiento 9* (Ediciones Santillana). Discuta las preguntas que aparecen al final del problema.

DIALOGUEMOS SOBRE EL “MALL” ORIENTACIÓN A LOS ESTUDIANTES

Introducción:

¿Cuáles son las implicaciones eco-sociales que representa la erosión del terreno en Puerto Rico? Esta actividad pretende que los estudiantes descubran posibles contestaciones a esta pregunta o crear en ellos inquietudes que lleven a la búsqueda de posibles soluciones a la misma.

La actividad Dialoguemos sobre el “Mall” es una lección interdisciplinaria que integra aspectos científicos, tecnológicos y sociales. La situación a desarrollarse es una muy familiar en nuestros pueblos. El crecimiento poblacional y el desarrollo económico nos ha impulsado a construir desmedidamente centros comerciales a través de toda la isla. En la mayoría de las ocasiones las decisiones sobre la construcción de un centro comercial se han tomado sin haberse considerado factores ambientales, ecológicos y sociales que tienen gran impacto en el área donde éste se construye. Por medio de esta actividad deseamos concienciar al estudiante sobre los diferentes aspectos que afectan el desarrollo de una situación como la descrita a continuación. El estudiante debe valorizar la importancia de los recursos naturales y establecer un balance con el desarrollo socioeconómico al que se enfrenta nuestra sociedad actual.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Materiales:

Búsqueda de información de trasfondo de acuerdo al rol seleccionado.

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Valorizarán la importancia de los recursos naturales y la conservación de éstos.
2. Presentarán evidencia que sustente su punto de vista.
3. Escucharán y respetarán los puntos de vista de otras personas.

Procesos: Comunicación

Técnica de enseñanza sugerida: Foro de la comunidad, Representación de roles (role playing).

Escenario:

Se ha propuesto la construcción del Centro Comercial “Las Lomas Plaza” en las afueras del pueblo. La asamblea municipal del pueblo ha organizado una comisión encargada de aprobar o rechazar la propuesta. Dicha comisión ha programado unas vistas públicas para escuchar las ponencias de las organizaciones e instituciones del área que serían afectadas por la construcción del mencionado centro comercial. La agenda para las vistas públicas se describe a continuación:

1. Bienvenida, introducción y presentación de los miembros de la comisión por el Presidente de la Comisión.
 2. Testimonio por los representantes de las organizaciones/instituciones de la comunidad:
 - Asociación de Comerciantes (-)
 - Grupo de Comerciantes Independientes (+)
 - Asamblea Municipal (+)
 - Grupo: Ambientalistas en Acción (-)
 - Grupo: Vecinos pro Protección de la Comunidad (-)
 - Asociación de Ingenieros (+)
 - Departamento de Recursos Naturales (-)
- +/- indica la posición de la organización/institución hacia la propuesta:
+ favorece la construcción
- no favorece la construcción
3. Clausura de las vistas – por miembro de la comisión.

Procedimiento:

1. La actividad utiliza el "Foro de la Comunidad" como técnica de enseñanza. Los maestros y los estudiantes asumirán roles específicos para el desarrollo de esta lección. Para el desempeño eficiente de roles, tanto los estudiantes como de los maestros participantes, deben prepararse de antemano con toda la información (evidencia) que puedan obtener para defender firmemente su posición.
2. Durante la primera semana de implantación del bloque el maestro separará un día para orientar a sus estudiantes en la descripción de la actividad y la preparación de los materiales necesarios para la misma. La culminación de esta actividad se celebrará como cierre del bloque.

Los roles serán asignados de la siguiente manera:

Comisión:

- Presidente de la Comisión-Director de la escuela o maestro encargado del grupo.
- Miembros de la Comisión-Director, maestro de ciencia, matemática, y/o estudios sociales o cualquier otro maestro interesado en participar y padres.

Organizaciones:

- Estudiantes por grupo de trabajo cooperativo.
3. Cada grupo (organización y/o institución) preparará y someterá un documento justificando su posición sobre la construcción del centro comercial. El documento debe contener las siguientes partes:
- (a) Trasfondo de la organización: Información de la naturaleza (origen) y misión de la organización y/o institución a la cual representan. Intereses de la Organización: evidencia que sostenga que la organización tiene unos intereses justificados en la situación.

Los participantes de los diferentes grupos (esto incluye a los miembros de la comisión) deben tener claro la posición que respaldan. En el caso de las organizaciones e instituciones de la comunidad, estas ya tienen asignadas de antemano la posición que asumirán frente a la comisión.

- (b) Resumen de los Hechos: información o datos relevantes del impacto que el “mall” va a tener en la comunidad. La información puede ser obtenida de (a) material bibliográfico; (b) encuestas o estudios realizados por las diferentes organizaciones y/o instituciones representadas; (c) entrevistas al personal de diferentes agencias gubernamentales (Departamento de Recursos Naturales, Oficina del Alcalde) y/o instituciones educativas (ejemplos: Universidad Interamericana, Recinto Universitario de Mayagüez); y (d) otros recursos. Toda información debe tener sus referencias.
 - (c) Conclusiones y Recomendaciones: conclusiones a las que la organización y/o institución ha llegado basándose en la información recopilada en la parte #2 y recomendaciones hechas a la comisión sobre la propuesta de la construcción del centro comercial.
 - (d) Investigadores: lista de los miembros de la organización y/o institución y sus posiciones en ésta.
 - (e) Referencias: Lista de los recursos bibliográficos utilizados en la preparación de este informe (bibliografía).
4. Cada grupo debe organizarse y determinar primeramente un plan de acción. El plan de acción debe incluir los pasos necesarios para preparar el documento que cada grupo completará antes de la fecha asignada. El grupo debe distribuir el

trabajo equitativamente entre todos los miembros. La organización y/o institución elegirá un líder o representante. Esta persona es la (el) encargada(o) de presentar las ponencias de la organización ante la comisión. Cada organización tendrá un máximo de 20 minutos para deponer.

II. Los Minerales

Trasfondo para el Maestro

Los Minerales

Al pensar en minerales la mayoría de la gente piensa en joyas exóticas, cristales inmensos, piezas de museos. Pero la realidad es que los granos de sal, algunos granos de arena y la nieve son minerales comunes. Los minerales son los constituyentes sólidos de mayor importancia en la Tierra. Un **mineral** es un sólido inorgánico que ocurre naturalmente, con una composición química determinada que varía dentro de unos límites, puede ser expresado con una fórmula y posee una estructura interna de orden de átomos e iones. Algunos minerales son elementos nativos como el Oro (Au) y la Plata (Ag), otros son compuestos simples como la halita (NaCl) y otros son mucho más complicados y tienen fórmulas muy complejas. Todos los minerales son el resultado de reacciones químicas y se mantienen entrelazados por uno de los enlaces descritos anteriormente.

La estructura de los minerales

Los minerales cuando crecen bajo condiciones favorables forman figuras geométricas regulares llamadas **cristales**. Algunos son muy simples y otros más complicados. La estructura interna ordenada de los minerales se llama **estructura cristalina**. Cada una de éstas es un arreglo único en tres dimensiones de átomos e iones, análogos a huellas digitales que sirven para identificarlos. Los minerales poseen una estructura cristalina debido al tamaño de los iones y a sus cargas. O sea, cada átomo o ión está unido firmemente a varios otros y los mantiene en su lugar. Por ejemplo, en el caso del mineral halita (NaCl) cada ion de sodio está enlazado a 6 de cloro y cada cloro a 6 de sodio. El número de aniones que pueden estar alrededor de cada catión se llama el **número de coordinación** y depende únicamente del tamaño relativo de los iones envueltos. En el halita, los 6 iones de cloro que se enlazan con el sodio actúan para neutralizar la carga positiva +1. Cada cloro (Cl) utiliza $1/6$ de su carga -1 para hacer esto, dejándolo sólo con $5/6$ de su carga negativa. Entonces el ión de cloro necesita encontrar 5 sodios más para alcanzar la neutralidad eléctrica. El compuesto cloruro de sodio (NaCl), como todos los compuestos, es eléctricamente neutral.

Cada mineral maneja sus cargas y su coordinación de manera diferente y ésta depende grandemente de la combinación de iones envueltos. Los iones a su vez, varían grandemente en tamaño. Existen muchas posibles combinaciones y muchos tipos de coordinación, como por ejemplo, la coordinación cuádruple de oxígeno alrededor de Silicio para los dos iones más comunes en la Corteza Terrestre. Como resultado existen numerosos tipos de estructuras minerales. Muchos minerales tienen una composición química fija, pero la mayoría contiene algún tipo de impureza en su estructura. La mayoría de estas impurezas son iones que fueron atrapados mientras el mineral crecía y son los causantes de las variaciones en las propiedades físicas de un mineral. Por ejemplo, el cuarzo cuando es puro es completamente transparente, pero varias impurezas lo tornan rosado, gris violeta, verde, amarillo y otros colores.

En el caso de la olivina (peridote), las variaciones en composición son diferentes porque son sistemáticas. Ocurre lo que se conoce como **substitución iónica**, esto es, algunos minerales comunes ocupan el lugar de otros en la estructura mineral. Ya establecimos que la estructura mineral está determinada por la carga y el tamaño de sus iones. La substitución iónica entre dos iones puede ocurrir con facilidad si éstos tienen el mismo tamaño y carga. La familia de la olivina es un ejemplo de series de **solución sólida**, describe a una familia o grupo de minerales que pueden tener cualquier composición dentro de dos extremos o límites llamados **miembros finales** y aún mantener la misma estructura. En este grupo los miembros finales son la fosterita y la fayalita.

Otro grupo que envuelve substituciones iónicas lo es el grupo de los feldespatos plagioclasa, el grupo de minerales más abundantes en la corteza terrestre. En este caso los iones sustituyen teniendo el mismo tamaño sin tener la misma carga eléctrica, pero manteniendo la neutralidad eléctrica del compuesto. Los miembros en esta serie lo son la albita y la anortita.

Las propiedades físicas de los minerales

La combinación única de estructura interna y de composición química produce un conjunto de propiedades físicas en los minerales las cuales son muy útiles al momento de identificarlos. Estas propiedades están descritas a continuación y serán aprendidas y aplicadas durante el transcurso del taller.

La **forma cristalina o hábito** es la forma del cristal regular que adquiere este mineral al crecer bajo condiciones favorables. Si este no es el caso, debemos entonces acudir a otras propiedades para identificar dicho mineral. La **dureza** es la resistencia del mineral a ser raspado e indica la fuerza de sus enlaces. Determinamos la dureza de los minerales al ver si raspan o son raspados por minerales estándar, miembros de una escala de referencia que se llama **escala de dureza de Mohs**. Esta escala es relativa y por motivos obvios se utilizan materiales más prácticos y asequibles. **En la Figura 2**, se muestra la comparación de los materiales caseros en oposición a la escala de dureza de Mohs. Un mineral raspará cualquier substancia de menor o igual dureza que éste, pero será raspado por un mineral más duro. Al utilizar estas propiedades debemos hacerlo con cautela y darle importancia a las propiedades que son **diagnósticas**, para ir creando un proceso eliminatorio hasta identificar el mineral correctamente.

Muchos minerales tienden a romperse a lo largo del conjunto de planos paralelos; a esto se le llama **crucero o clivaje**. El clivaje ocurre en aquellos minerales que tienen zonas planas de enlaces débiles. Al describir el clivaje de un mineral es importante identificar el **número de direcciones** (dos en los feldespatos, uno en las micas) y el **ángulo** que existe entre estas direcciones. Algunos minerales no poseen zonas planas de enlaces débiles, por lo tanto no tienen clivaje y al romperse lo hacen a lo largo de superficies irregulares, cerradas, astilladas o a lo largo de superficies suaves y curvas, estos minerales exhiben **fractura**. El cuarzo es un buen ejemplo de una fractura suave y curva pues exhibe una fractura concoidal. El **lustre** de un mineral es la manera en que la luz se refleja en su superficie. Los términos que se utilizan para describir el lustre se definen a sí mismos (metálico, perlado, etc.). La **gravedad específica (GE)** de un mineral es la comparación de la densidad de éste con la densidad del agua. Si la GE de

una substancia es más alta o baja que la mayoría de los demás materiales, la podemos detectar al tomar a ésta en las manos. **Esta se puede determinar fácilmente al dividir el peso de un mineral por el peso del mismo volumen de agua.** El **color** de los minerales es un arma de doble filo porque es la característica de los minerales más fácil de identificar y la peor utilizada. El color de un mineral pulverizado es la **raspadura traza**. Se determina al raspar al mineral contra una loseta blanca de porcelana (dureza = 7). Es más confiable que el color superficial porque al pulverizar el mineral se mantienen las impurezas y las manchas a un mínimo. En muchos casos el color del mineral y el de la traza es el mismo, pero para aquellos que son diferentes por lo general es una propiedad útil en la identificación del mineral. El color de la traza se mantiene constante aunque el color del mineral cambie porque contenga impurezas. Otra de las propiedades que vale la pena mencionar es el **magnetismo**; la habilidad de un mineral de atraer a un imán. La **maleabilidad**; es la habilidad para ser formado en planchas finas y la **ductilidad**; es su habilidad para ser convertidos en alambres finos. Su reacción al ácido se prueba poniendo una o dos gotas de Acido clorhídrico (HCl) diluido (10%) encima del mineral. Este ácido crea una efervescencia al hacer contacto con el ión del carbonato (CO_3)⁻² si este está presente en el mineral.

Mineral Dureza	Rango de	Material de Prueba
Diamante	10	
Corundón	9	
Topacio o Berilio	8	
Cuarzo	7	
Ortoclasa	6	← Lozeta de traza (6.5-7)
Apatita	5	← Cristal (5.5) Clavo de acero (6)
Fluorita	4	
Calcita	3	
Yeso	2	Centavo de cobre (3)
Talco	1	Uña (2.5)

Figura 2

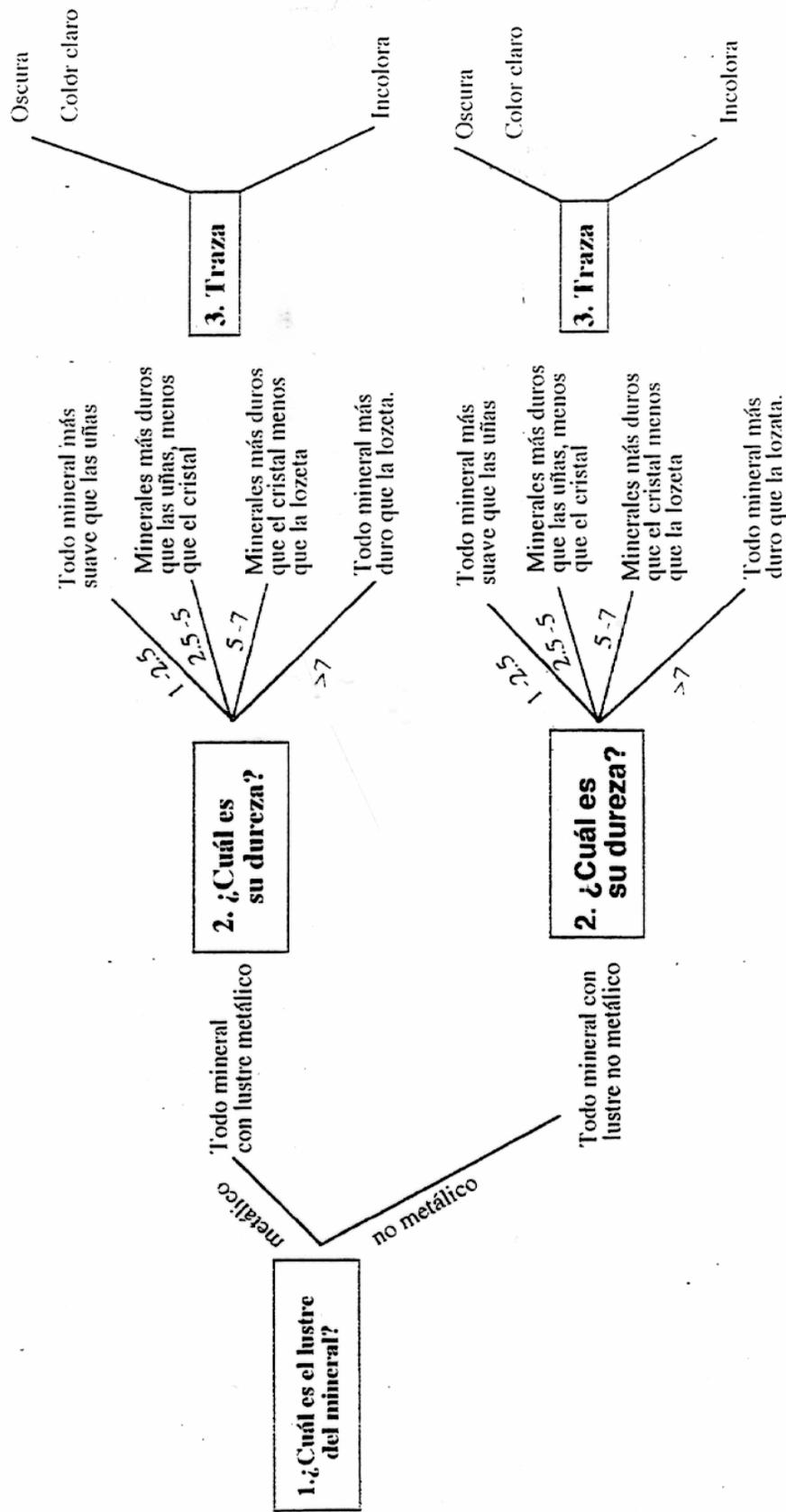
Comparación entre la escala de dureza de Mohs y los materiales comunes utilizados en el salón.

¿Cómo identificar los minerales utilizando las tablas?

En la enseñanza de geología hemos encontrado que la organización es muy importante y el tratar de resolver un problema utilizando un sistema es muy útil. Supongamos que su trabajo es identificar ocho muestras que ha obtenido entre los 3,000 minerales conocidos. Aunque parece una tarea imposible, no lo es. Primero, porque el número de minerales importantes en nuestro estudio de los materiales terrestres es pequeño y segundo, porque si sigue el proceso eliminatorio mostrado en la **Figura 3-1**, podrá identificar correctamente estos materiales y más importante aún, cualquier mineral que encontremos en el campo.

Es importante recordar que los minerales no leen estas tablas para saber como deben comportarse. Variaciones en crecimiento, grado de meteorización, impurezas químicas y muchos otros fenómenos resalta en minerales que demuestran unas propiedades diferentes a las que señalan las tablas. La única manera de determinar la composición exacta de un mineral desconocido, es determinando su composición química y su estructura atómica interna.

Figura 3-1: Diagrama de flujo para la identificación de minerales:



4. Clivaje o Fractura 5. Color 6. Gravedad Específica

7. Reacción con ácido 8. Magnetismo 9. Otras propiedades

Minerales y rocas

La diferencia entre los minerales y las rocas es que las rocas son un agregado de varios minerales diferentes o de varios granos del mismo mineral, mientras que es poco común encontrar un mineral creciendo en perfectas condiciones. La mayoría se encuentra entrelazada con muchos otros gránulos en una gran variedad de rocas.

Los minerales se forman en una gran variedad de ambientes, bajo condiciones químicas y físicas especiales. Estas condiciones incluyen la concentración apropiada de los átomos e iones necesarios para el mineral en particular y las condiciones de temperatura y presión necesarias para formarlo. Los minerales proveen información importante al interpretar los cambios a los que ha estado sometida la Tierra a través de su historia. Algunos minerales se forman de los líquidos y otros de los sólidos, unos minerales son mejores que otros al usarse para interpretar las condiciones bajo las cuales se formaron las rocas que los contienen, porque ocurren bajo un número estricto de condiciones. Por ejemplo, la olivina y el feldespato se forman dentro de la corteza terrestre de roca derretida a temperaturas de 550⁰ a 1100⁰C y una presión de 10kb, el granate se forma en rocas sólidas a temperaturas y presiones moderadas (350⁰ - 600⁰C, 2-8kb) mediante la reorganización de iones ya presentes en los minerales. En el caso del cuarzo éste se forma bajo una variedad de condiciones presentes tanto en la superficie como a varios kilómetros de profundidad en la corteza terrestre.

Las rocas y los procesos que las forman

Las rocas se clasifican en tres tipos de acuerdo a los procesos que las forman: en **ígneas, sedimentarias o metamórficas**. Las **rocas ígneas** se forman mediante la cristalización de roca derretida o **magma**. Un cristal semilla se forma en el magma y los pequeños cristales comienzan a emigrar según éste se va enfriando. Los minerales más importantes presentes en estas rocas son feldespato, olivina, anfífol, piroxeno, micas y cuarzo.

Cuando las rocas son expuestas a la intemperie en la superficie de la Tierra se van rompiendo y disolviendo tanto física como químicamente. Los fragmentos de roca son transportados por los ríos, glaciales, viento y luego depositados. Durante su depósito estos fragmentos y otros que pueden ser precipitados en solución son cementados formando las **rocas sedimentarias**.

Los **minerales sedimentarios** son los que se forman químicamente durante la depositación, no los que han sido transportados de la roca original. Estos minerales se precipitan de iones disueltos en el agua. Un ejemplo de esto lo es la formación de sal (halita). Ésta se forma por la evaporación de agua salada en las salinas y en los lagos salados. Un buen lugar donde se puede observar este proceso lo es Cabo Rojo. Los minerales sedimentarios más importantes son: calcita, dolomita, halita, cuarzo, yeso, feldespato y las arcillas minerales.

Las rocas ígneas y sedimentarias al ser sometidas a grandes cambios en temperatura y presión responden formando minerales nuevos. Estos minerales se forman sin que ocurra disolución o fusión, mediante la recombinación de iones ya existentes en la roca. Los nuevos minerales que se forman son **minerales metamórficos** y las rocas que los contienen son **rocas metamórficas**.

Los minerales más importantes de estas rocas son: granate, clorita, cuarzo, feldespato, anfíbol, piroxeno y las micas.

Minerales de la Corteza Terrestre

Actualmente se han descubierto alrededor de 3,000 minerales, pero sólo algunos son abundantes e importantes para la formación de las rocas. A los que son importantes se les llama **minerales esenciales**. Los minerales se clasifican de acuerdo al anión (ion negativo) que contengan. En los próximos párrafos discutiremos las características más importantes de cada grupo y algunos ejemplos de éstos.

Según se mencionara anteriormente, la corteza terrestre se compone mayormente de **silicio** y de **oxígeno**, es de esperarse entonces que los minerales más abundantes en la misma contengan estos dos elementos. Los **silicatos** son minerales complejos tanto en su química como en su estructura cristalina, pero todos contienen un bloque básico que se conoce como **tetraedro de silicato**.

Los tamaños relativos de los iones de Si^{4+} y O^{2-} son tales que los 4 oxígenos se pueden acomodar alrededor del ión de silicio formando una especie de pirámide de cuatro lados con silicio en el centro y los oxígenos en cada esquina.

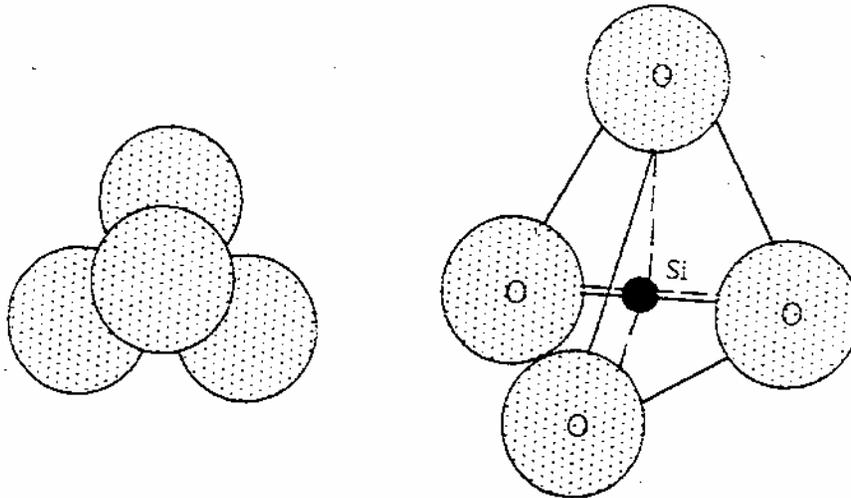


Figura 3-2 El tetraedro de silicio y oxígeno es la base fundamental del silicato. Cuatro átomos grandes de oxígeno (O) forman una pirámide de cuatro lados con un pequeño átomo de silicio (Si) en el centro. Este es el bloque fundamental de la geología, puesto que es la unidad básica del 95% de los minerales en la corteza terrestre.

Este tetraedro no es eléctricamente neutral, los oxígenos suman a -8 y los silicios a $+4$, por lo tanto este se comporta como un anión complejo con una carga de -4 . De más importancia aún es el hecho que el tetraedro SiO_4 no puede existir por sí sólo y necesita atraer cationes para alcanzar su neutralidad. Estos cationes son los que mantienen el tetraedro junto y estabilizan las

estructuras de los silicatos. Aunque el tetraedro de silicio es el bloque fundamental de la estructura de los silicatos, éstos pueden formar varias configuraciones:

- (a) cadenas simples – los piroxenos
- (b) cadenas dobles – los anfíboles
- (c) láminas hexagonales – las micas, cloritas y arcillas
- (d) armazones de tres dimensiones – los feldespato y cuarzo.

El silicato esencial se divide en diferentes grupos de acuerdo a las diferentes substitutiones que completan su neutralidad. A continuación discutiremos brevemente las diferentes familias.

Las **olivinas** hacen substitutiones con hierro y magnesio; consisten de las series en solución de fosterita-fayalita y tiene una estructura tetraedral independiente. Típicamente son materiales verdes y tienen una gravedad específica alta. La mayoría son cortos y regordetes y de formas irregulares. Las olivinas son minerales de altas temperaturas, se forman en rocas ígneas (basaltos) de la corteza, pero las variedades ricas en magnesio se encuentran también en las rocas metamórficas. Se cree que es un constituyente importante del manto y se ha encontrado en muchos meteoritos.

Los **piroxenos** consisten de series de solución sólida, donde todas tienen una cadena de silicatos simples. Exhiben clivaje en dos direcciones a ángulos casi rectos (87° y 93°). Son de color verdoso o marrón bronceado. Los piroxenos son constituyentes importantes de las rocas ígneas y metamórficas así como también del manto. Un ejemplo de un piroxeno conocido es el Jade (jadeita).

La familia de los **anfíboles** consiste de series parecidas a los piroxenos, pero de cadenas dobles. Esto los hace de diferenciar de los mismos porque contienen silicatos en cadena, contienen los mismos elementos, son del mismo color y ocurren en las mismas rocas. En muchas ocasiones la única diferencia es el clivaje. En los anfíboles es también en dos direcciones pero a ángulos de 57° y 123°. De los anfíboles los más importantes son las variedades de **hornablenda**, esta ocurre bajo un sinnúmero de condiciones, pero otros anfíboles son más restringidos.

La familia de las **micas** consiste de varias láminas de silicato donde las láminas de silicio y oxígeno están unidas por K^+ , Na^+ , o por Ca^{+2} . Las más abundantes son la **moscovita** que es transparente y la **biotita** que es de color marrón oscuro a verde. Ambas variedades son constituyentes importantes de las rocas metamórficas, pero también ocurren en algunas rocas ígneas. Las micas exhiben un clivaje perfecto en una sola dirección (entre las láminas de silicio – oxígeno) lo que hace que puedan pelarse en hojas finas y flexibles.

Los **feldespatos** incluyen dos grupos de minerales, los feldespato de plagioclasa y los feldespatos de potasio (ortoclasa). Cada grupo tiene una estructura de armazón de silicato con iones de aluminio haciendo la substitución. Las **plagioclasas** son silicato de solución sólida que varían en composición entre los miembros finales de **albita** ($NaAlSi_3O_8$) y **anortita** ($CaAl_2Si_2O_8$); éstos son minerales bien comunes y se encuentran en casi todas las rocas ígneas y las metamórficas. Las plagioclasas varían en color desde blanco, gris negro e incolora, pero pueden ser identificadas por su buen clivaje en dos direcciones a ángulos casi rectos y por su dureza (de 6 en

la escala de Mohs). Algunos granos de plagioclasas exhiben unas estrías (líneas paralelas) en uno de los dos planos de clivaje, esta característica es compartida por todos los miembros de esta familia.

Los **feldespatos de potasio** también son silicato con estructura de armazón con una composición química de KAlSi_3O_8 . Existen tres **poliformas** de KAlSi_3O_8 y cada una se forma bajo condiciones diferentes, esto las hace ser muy útiles para determinar su ambiente de formación. La **sanidina** se cristaliza en rocas ígneas volcánicas y en rocas metamórficas que han sufrido temperaturas bien altas y presiones bajas. La **ortoclasa** se forma en condiciones metamórficas de alta presión, en rocas ígneas y en algunas sedimentarias. La **microclina** se forma en ambientes ígneos y metamórficos como los de ortoclasa, pero no en sedimentarios.

El **cuarzo**, SiO_2 , es uno de los minerales más comunes y se encuentra en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En las estructuras de este silicato no hay sustituciones de aluminio por silicio, como en los feldespatos. Se identifica fácilmente por su lustre vítreo, su dureza de 7 y su fractura concoidal. Ocurre en muchos colores por impurezas que puede contener por imperfecciones en su estructura cristalina.

Los minerales no-silicatos constituyen una parte bien pequeña de la corteza terrestre. Sólo algunos son minerales esenciales, la mayoría son **accesorios**. Sin embargo estos minerales no-silicatos son de mucha importancia porque ellos incluyen la mayoría de los yacimientos minerales de los que se obtienen metales y otros recursos. De los minerales no-silicatos discutiremos solamente los que son esenciales para la formación de las rocas.

Los carbonatos contienen el complejo del **anión de carbonato** $(\text{CO}_3)^{-2}$. Los más importantes son calcita (CaCO_3) y dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Estos son importantes para las rocas sedimentarias pero se pueden encontrar en algunas rocas metamórficas. Ambos tienen dureza alrededor de 3 (en la escala de Mohs) y exhiben un clivaje perfecto en tres direcciones a ángulos no ortogonales. La calcita reacciona rápidamente con el ácido clorídrico pero la dolomita tiene que pulverizarse para obtener una reacción y cuando se logra es mucho más lenta que la de calcita.

El **yeso** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la **anhidrita** (CaSO_4) son los minerales más comunes del grupo de los sulfatos $(\text{SO}_4)^{-2}$. Típicamente son blancos o grisáceos y se encuentran entre los minerales más suaves. Estos minerales ocurren solamente en rocas sedimentarias y se forman por la evaporación de agua de mar. De esta manera se forma también el mineral **halita** (NaCl), el único mineral **hálido** que es esencial. Es un mineral sedimentario y se caracteriza por exhibir clivaje perfecto en tres direcciones perpendiculares entre sí.

Las **arcillas minerales** son productos de la meteorización, formados como resultados de la interacción entre minerales ya formados y los gases de la atmósfera. Contienen aluminio y diferentes cantidades de agua además del anión del hidróxido (OH) y exhiben una química complicada. Es por esto que no se incluyen en esta discusión.

Algunos de los usos de los minerales

Los minerales son recursos importantes solamente si existen en suficientemente grandes cantidades que justifiquen su extracción. Algunos minerales son de valor por los elementos que contienen. Los tres **metales** más utilizados, por ejemplo, son el **hierro**, el **aluminio** y el **cobre**. Estos se extraen de los óxidos minerales (el hierro de la magnetita y hematita), de los hidróxidos minerales (el aluminio de la bauxita) y de los sulfuros minerales (cobre de la bornita o cobre abigarrado). Los minerales que contienen **uranio**, como lo son la **carnotita** y la **uranita**, son importantes recursos de combustibles nucleares.

Otros minerales son importantes por sus propiedades físicas; por ejemplo el **cuarzo**, el **corundón** y el **diamante** son importantes por su dureza de 7, 9 y 10 respectivamente. El **grafito** se utiliza en la fabricación de lápices, es útil por ser tan suave. El **talco** y el **grafito** se utilizan como lubricantes en la industria por su suavidad y por ser grasosos. Los enlaces metálicos del **oro**, la **plata**, el **platino** y el **cobre** les permite ser buenos conductores eléctricos.

Algunos minerales sirven para fabricar gemas por su dureza, color y lustre. Muy pocos especímenes; incluyendo los diamantes, reúnen las propiedades en la combinación correcta, esto resulta en gemas costosas y raras. Sin embargo, muchas gemas son ejemplos espectaculares de minerales comunes. Por ejemplo, el **rubí** y el **zafiro** son variedades de **corundón**, la **pedra de luna** puede ser **ortoclasa** o **albita**. La **ágata**, la **carnelia** y la **amatista** son variedades de **cuarzo**.

Existen muchos otros usos para los minerales y se desarrollan muchos más a través de los años. Mientras más sabemos de los minerales más útiles se nos hacen.

LOS MINERALES: BLOQUES CONSTRUCTORES DE LAS ROCAS

Introducción:

Los minerales son los constituyentes sólidos de mayor importancia en la Tierra. Las actividades subsiguientes proveen experiencias que ayudarán al estudiante a entender la importancia de los minerales en el proceso de formación de las rocas y en los seres vivos.

Tiempo sugerido: 60 minutos

Preparación Previa:

Solicite a sus estudiantes que busquen y lleven al salón láminas que muestren diferentes tipos de joyas o minerales. El maestro también deberá conseguir láminas para complementar las traídas por los estudiantes.

Se debe preparar la solución de alumbre (y dejarla reposar por los menos durante cinco días) y el montaje correspondiente sin dar explicaciones de contenido al estudiante. Para instrucciones sobre el montaje ver Actividad 8: *Cultivando Cristales* en el Manual del Estudiante.

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Describirán los procesos involucrados en la formación de minerales.
2. Identificarán varias muestras de minerales.

Concepto: Mineral

Procesos: Observación, Comunicación

Técnica de enseñanza sugerida: Collage, Discusión, Graffiti

Materiales:

láminas de joyas o minerales
papel de estraza (3metros)
marcadores

Procedimiento:

1. Coloque como tres metros de papel de estraza en una pared o cubra con éste una pizarra que no esté utilizando. Provea tiempo para que los estudiantes formen un collage sobre el papel con las láminas que trajeron.
2. Luego de concluido el collage, lleve a cabo una discusión con sus estudiantes sobre el contenido del mismo. Formule preguntas tales como las que sugerimos a continuación para fomentar la discusión. Estas preguntas se hacen a modo de exploración por lo tanto acepten en esta etapa todas las respuestas que ofrecen los estudiantes.
 - ¿De qué están hechas las joyas representadas en las láminas?
 - ¿De dónde proviene el material del cual están hechas las joyas?
 - ¿Por qué crees que las personas poseen joyas?
3. Cubre una de las paredes con el papel de estraza. Divida el papel en dos columnas y escriba en el mismo los encabezamientos como aparecen en la ilustración al calce. Provea tiempo para que los estudiantes, trabajando en grupos cooperativos, completen la información requerida en el mismo. Luego permita que cada grupo informe el contenido de su tabla. Según los grupos van informando, seleccione estudiantes para que escriban el insumo de su grupo en el cartel en las columnas correspondientes. Advierta a los estudiantes que no repitan información que ya esté copiada en el cartel. Conserve el cartel y colóquelo en un lugar visible del salón; durante el transcurso de la lección hará referencia al mismo. En la columna: “Qué sabemos sobre los minerales” acepte todas las respuestas de los estudiantes aunque contengan conceptos erróneos pues esta fase también es de exploración. Se espera que mientras los estudiantes van haciendo las actividades, descubran sus conceptos erróneos y construyan esquemas nuevos.

QUE SABEMOS SOBRE LOS MINERALES	QUE DESEAMOS SABER SOBRE LOS MINERALES

4. Motive a sus estudiantes a llevar a cabo la lectura, “Los minerales, ¿qué son?” La misma se encuentra en la página 54 del libro Descubrimiento 9 de Ediciones Santillana. Puede sustituir la lectura antes mencionada por la que aparece en las páginas 81-85 del libro La Ciencia de la Tierra y el Espacio (Merrill) u otra lectura que esté a tono con el nivel de los estudiantes. Formule preguntas de acuerdo con la lectura seleccionada para facilitar el análisis y la discusión de la misma.

CULTIVANDO CRISTALES

Introducción:

La actividad *Cultivando Cristales* ofrece al estudiante la oportunidad de construir modelos tridimensionales representativos de los seis sistemas de cristales. Los estudiantes verán “*crecer*” cristales y describirán los factores que influyen en su crecimiento.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Explicarán como el tiempo de enfriamiento puede afectar el tamaño de los cristales.
2. Describirán como los cristales se forman cuando el magma y la lava se enfrían.

Conceptos: Cristal, Tiempo de enfriamiento

Procesos: Observación, Inferencia, Medición, Experimentación

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Discusión, Trabajo cooperativo

Materiales:

agua caliente (80°C)
alumbre ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) Sulfato doble de Potasio y Aluminio hidratado
hielo
bandeja pequeña o plato hondo
2 vasos de análisis

Procedimiento:

Nota al maestro (a):

Antes de comenzar esta actividad, se recomienda repase en el Trasfondo Para El Maestro la sección sobre minerales.

1. En una franja de cartulina, o en la pizarra, escriba la palabra **cristal**. Mediante preguntas, explore cual(es) es el concepto de “cristal” que tienen sus estudiantes. Esté atento para diagnosticar el concepto erróneo que pudieran tener algunos alumnos en el cual *vidrio* y *cristal* son sinónimos. (El diccionario Pequeño Larousse define *vidrio* como: “Cuerpo sólido, mineral, no cristalino, generalmente frágil, que resulta de la solidificación progresiva de ciertas sustancias tras su

fusión”). En esta etapa de exploración acepte todas las contestaciones que ofrezcan sus estudiantes.

2. Motive a sus estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 8: Cultivando Cristales que aparece en el Manual del Estudiante. Puede sustituir esta actividad por la que aparece en el libro *La Ciencia de la Tierra y el Espacio* (Merrill, pág. 87), titulada ¿Por medio de qué dos procesos se pueden formar cristales? Discuta las preguntas que aparecen al final del ejercicio.

Nota al maestro (a):

En lugar de alumbre (y siguiendo el mismo procedimiento), puede utilizar Sulfato Cúprico (CuSO_4). También puede utilizar Timol ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$): para procedimiento ver **Apéndice 3**. Refiérase a la Bibliografía para otras alternativas comerciales para “cultivar” cristales.

3. Estimule a sus estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 9: La geometría de los cristales. Refiérase al Manual del Estudiante para instrucciones. En esta actividad, los estudiantes construirán cristales con papel de construcción o cartulina. La construcción de estas figuras ayudará a sus estudiantes a entender y a producir una definición operacional del concepto cristal. Por ejemplo; el libro *La Ciencia de la Tierra y el Espacio* ofrece en las págs. 83-84 la siguiente información sobre los seis sistemas de los cristales:

“Los seis sistemas de cristales están definidos por tres o cuatro ejes imaginarios que se intersecan en el centro de la forma de un cristal perfecto. Un **eje** es una línea recta alrededor de la cual el cristal es **simétrico**. La longitud de los ejes y el ángulo al cual ellos se encuentran determinan el tipo de cristal. Los ejes **intersecan** los bordes, las esquina y los lados o las **caras** del cristal. La cara de un cristal es una **superficie** lisa que tiene una forma geométrica.” **Asegúrese** que los estudiantes **entienden los términos simétrico, intersecan, cara y superficie**”.

Aunque la definición para los sistemas de cristales aparenta ser complicada, si le ofrecemos al estudiante la oportunidad de construir modelos de los cristales y de los ejes, éstos podrán describir y definir operacionalmente los seis sistemas de cristales: isométrico, tetragonal, hexagonal, ortorrómbico, monoclinico y triclinico. Si es posible, sugerimos coordine esta actividad con el maestro de matemáticas propiciando de esta manera la integración entre las matemáticas y la ciencia. El **Apéndice 4** provee los modelos para construir los cristales.

4. Organice a sus estudiantes en grupos cooperativos. Asigne, para discusión en clase, la lectura *Los Minerales que se Encuentran en las Rocas* que aparece en la pág. 54 del libro Descubrimiento 9 de Ediciones Santillana. También puede utilizar el material que está en las págs. 83-85: *Las Propiedades de los Minerales* (sección 5:2) que aparece en el libro *La Ciencia de la Tierra y Espacio*. Si tiene acceso a ambas lecturas, sugerimos asigne diferentes lecturas a los grupos.

También puede utilizar cualquier otra lectura que tenga disponible y que esté a tono con el nivel de los estudiantes. Si su escuela o sus estudiantes tienen acceso a una computadora y al Internet, puede asignar a los estudiantes el buscar información sobre los minerales y utilizar la información obtenida para sustituir o complementar las lecturas sugeridas. Se sugieren las siguientes preguntas para dirigir la discusión del tema.

¿Qué es un mineral?

¿Qué características debe tener una sustancia para que se pueda clasificar como mineral?

¿Dónde se originan los minerales?

¿Cuáles son algunos de los elementos químicos que forman los minerales?

¿Cuáles son los símbolos químicos que los representan?

Nota al maestro (a):

No se recomienda que se le asigne a sus estudiantes aprender de memoria los elementos químicos que componen cada familia pero sí se recomienda que se aprendan los ocho símbolos más comunes: O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K y Mg.

5. Permita que se contesten las preguntas en los grupos cooperativos y luego discuta la(s) lectura(s) y las preguntas con los estudiantes.

IDENTIFICANDO MINERALES

Introducción:

En la actividad *Identificando los Minerales*, los estudiantes aprenderán a identificar los minerales utilizando pruebas físicas tales como lustre, dureza, veteado de color, peso relativo y crucero.

Tiempo Sugerido: 200 a 250 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Identificarán y discutirán las propiedades que se utilizan para identificar los minerales.
2. Identificarán varias muestras de minerales.
3. Discutirán las propiedades y los usos de algunos minerales

Conceptos: Mineral, Lustre, Crucero, Peso relativo, Escala de Mohs, Gravedad específica, Densidad

Procesos: Observación, Predicción, Clasificación, Definición operacional

Técnica de enseñanza sugerida: trabajo cooperativo, laboratorio, demostración, discusión

Materiales:

colección de rocas (comercial o preparada por el maestro)
lupas
martillo pequeño
gafas de seguridad
loza de porcelana blanca (Tile)
balanzas
probetas calibradas
agua

Nota al maestro (a):

Antes de comenzar esta actividad sugerimos repase la **Figura 3-1** y el material relacionado que aparece en esta sección en el trasfondo para el maestro.

Procedimiento:

1. Organice a sus estudiantes en grupos cooperativos. Distribuya muestras de calcita, muscovita y cuarzo a cada grupo u otros minerales que tenga disponible con los que pueda demostrar la característica de **crucero o clivaje**. Permita que sus estudiantes observen las mismas por unos minutos. Solicite a sus estudiantes que hagan **predicciones** sobre lo que le sucederá a estas muestras si se golpean con un martillo. A la posible contestación de que “se romperán” pida a sus estudiantes que pronostiquen como será la apariencia de los fragmentos de minerales después de ser golpeadas por el martillo. Lleve a cabo una demostración golpeando suavemente las muestras (mica, calcita y cuarzo). La mica puede hasta separarla con sus dedos en lugar de golpearla. **Precaución:** Tenga cuidado al golpear cualquier roca o mineral ya que pueden saltar fragmentos. Utilice gafas de seguridad o espejuelos cuando haga esta demostración. Discuta las predicciones iniciales hechas por los estudiantes: ¿Cuánto se acercaron a la realidad? Explique a sus estudiantes que los minerales se rompen a lo largo de planos paralelos (como la mica y la calcita) y otros como el cuarzo se fracturan. Indique a sus estudiantes que esta característica se conoce como **crucero o clivaje**. Sugerimos repase el trasfondo para el maestro (Los Minerales: Las propiedades físicas de los minerales) antes de llevar a cabo las actividades sugeridas a continuación.
2. Consiga muestras de minerales comunes tales como calcita, mica (biotita o muscovita) y cuarzo. Distribuya las muestras de calcita, micas y cuarzo a cada grupo cooperativo. Permita que sus estudiantes observen las mismas por varios minutos. Solicite a sus estudiantes que formulen predicciones sobre lo que le sucederá a estas muestras si se golpean con un martillo. Si entre las posibles contestaciones surge la de “se romperá”, pida a los estudiantes que predigan como será la apariencia de los fragmentos de estos minerales después de golpearlos con el martillo. Lleve a cabo la siguiente demostración. Una a una, golpee las muestras con el martillo. Las muestras de mica, las puede desprender sin necesidad de golpearla con el martillo. Provea muestras de los fragmentos de minerales a sus estudiantes. Pídales que dibujen o describan en su libreta de ciencia la apariencia de los minerales. Haga referencia a las predicciones iniciales formuladas por sus estudiantes. Formule preguntas tales como las siguientes para fomentar la discusión ¿Cuánto se acercaron las predicciones a lo sucedido en la realidad? ¿Qué diferencia hubo entre la forma en que se “rompieron” las rocas? Los minerales se rompen a lo largo de planos paralelos como lo observaron en el caso de la mica y la calcita. Otros se **fracturan**: lo hacen a lo largo de superficies irregulares como el cuarzo, que exhibe una fractura concoidal. Mencione a los estudiantes que la forma en que se rompen o fracturan los minerales constituye

una **propiedad física**. Si es necesario, repase este concepto ofreciendo ejemplos y contrastándolo con lo que son **propiedades químicas**. Indique a los estudiantes que la propiedad física que describe como un mineral se rompe o fractura se conoce como **crucero** o **clivaje**.

3. Los estudiantes trabajarán en grupos cooperativos. Distribuya 10 muestras de minerales a cada grupo. Solicite a los estudiantes que clasifiquen las muestras en dos grupos de minerales utilizando la característica de lustre (metálico, no-metálico). Asegúrese que los estudiantes entienden el término lustre. Haga preguntas tales como las siguientes para fomentar la discusión:

- ¿Qué diferencias observas entre los diferentes lustres metálicos?*
- ¿Qué semejanzas observas entre los diferentes lustres metálicos?

***Ejemplos de lustre:** grasoso, resinoso, vítreo, anacarado, sedoso.

4. Exhorte a sus estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 10: La dureza de los minerales que aparece en el Manual del Estudiante. Indíqueles que traten de rayar cada una de las muestras con la uña, con un centavo, o con un pedazo de vidrio. **Precaución:** Adviértales tener cuidado con el vidrio para evitar cortaduras. Terminada la actividad, solicite a sus estudiantes que utilicen la información para colocar los minerales en orden comenzando con el más duro hasta el menos duro. Indique a los estudiantes que completen la tabla correspondiente en su Manual. Mencione que Friedrich Mohs (1773 –1839), un geólogo alemán, utilizando un método similar, creó una escala de dureza que ayuda en la identificación de los minerales. Enfatice que el **lustre** y la **dureza** (determinadas por la escala de Mohs), también constituyen propiedades físicas. Formule preguntas tales como las que sugerimos a continuación para fomentar la discusión.

- ¿Qué minerales fueron rayados por la uña?
- ¿Qué minerales fueron rayados por el centavo?
- ¿Qué minerales no fueron rayados por el centavo?
- ¿Qué minerales fueron rayados por el vidrio?
- ¿Qué minerales no fueron rayados por el vidrio?

5. Para la Actividad 11: *Buscando la Gravedad Específica* los estudiantes trabajarán en grupos cooperativos para buscar la densidad del agua y la gravedad específica de un mineral. Para la actividad necesitará utilizar muestras pequeñas de minerales. Puede usar cristales de cuarzo, si tiene suficientes para el trabajo en grupos; o puede utilizar muestras de minerales que no se disuelvan en agua. Repase con sus estudiantes el concepto de **densidad** que ya han estudiado en bloques anteriores. Pídales que **definan operacionalmente densidad**. Recuerde que una forma de definir operacionalmente densidad es decir lo que hay que hacer para buscar la misma. Discuta con sus estudiantes si la densidad es una

propiedad química o física. Refiérase al Manual del Estudiante para la instrucciones.

Nota al maestro (a):

La actividad discute densidad como una de las propiedades físicas que ayudan a identificar un mineral. A niveles más altos se utiliza la **gravedad específica** que es la comparación de la densidad de un mineral con la densidad del agua. Para más información sobre gravedad específica refiérase al **Apéndice 5**.

6. Consiga una loza de porcelana (“tile”) blanca. Muestre a los estudiantes lo que sucede cuando se rayan algunos minerales sobre la placa de porcelana. Asegúrese que sus estudiantes entienden (y observan) que el color de la ralladura puede ser muy diferente al color del mineral. A esta característica se conoce como la traza o la veta. Si el tiempo lo permite y tiene suficientes minerales, permita que los estudiantes lleven a cabo varias pruebas para determinar la veta de algunos minerales.
7. Escriba una pregunta como la siguiente en la pizarra: ¿Qué características nos ayudan a identificar los minerales? Vaya escribiendo las contestaciones de los estudiantes en la pizarra. Si no son mencionadas por los estudiantes, mencione que existen otras características que nos pueden ayudar a identificar los minerales. Entre estas podemos mencionar: la atracción hacia un imán, la reacción al ácido y un olor fuerte.
8. Asigne a los estudiantes la lectura “Las Características de los Minerales” que aparece en la pág. 55 del libro *Descubrimiento 9* de Ediciones Santillana; o la que aparece en las págs. 88-92 del libro *Ciencias de la Tierra y del Espacio* (Merrill): “La Identificación de los Minerales”. Formule preguntas a tono con la lectura seleccionada para facilitar el análisis y la discusión de la misma.

Nota al maestro:

Si utiliza la lectura del libro *Descubrimiento 9*, lleve a sus estudiantes a identificar los elementos representados por símbolos en los compuestos presentados en él. Por ejemplo: en la fórmula $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, **Na** representa el elemento **sodio**, **Al** aluminio, **Si** silicio, **O** oxígeno. NO se pretende que sus estudiantes se aprendan las fórmulas presentadas y menos aún, que se las pregunten en un examen.

9. Motive al estudiante para que lleve a cabo la Actividad 12: *Identifiquemos los Minerales*. Vea el Manual del Estudiante para las instrucciones.

LOS MINERALES Y LOS SERES VIVOS

Introducción:

Los minerales son importantes para el crecimiento y desarrollo de los seres vivos. La actividad a continuación provee la oportunidad para que el estudiante entienda la importancia que tienen los minerales en su dieta alimentaria, en los procesos metabólicos y para mantenerse saludables.

Tiempo Sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Describirán la importancia de los minerales para los seres vivos.
2. Mencionarán algunos minerales necesarios para mantener nuestro cuerpo saludable.
3. Describirán algunas enfermedades relacionadas a la insuficiencia de algunos minerales.
4. Demostrarán ser críticos al analizar proposiciones expuestas por algunos individuos en cuanto a las propiedades curativas de algunos “cristales”.

Concepto: Minerales

Procesos: Comunicación

Técnica de enseñanza sugerida: Grupo de expertos, Entrevistas

Materiales:

Procedimiento:

Información escrita sobre los minerales, etiquetas de fertilizantes para plantas.

1. (a) Exhorte a los estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 13: Los minerales y los vivos, que aparece en el Manual del Estudiante. Sugerimos coordine con antelación esta actividad con la/el bibliotecaria(o) de la escuela. La actividad requiere que los estudiantes busquen qué minerales están presentes en algunas partes de los seres vivos como por ejemplo: la concha de una almeja, la concha de una ostra, el caparazón de una langosta, caparazón del chitón, dientes del ser humano, cascarón de huevo de gallina, lana de oveja.

Nota al maestro (a):

Ejemplos- En los huesos y los dientes de los animales vertebrados encontramos mayormente el calcio y el fósforo, en la concha de la almeja- calcio, en la concha de la ostra- sílice, en el cascarón del huevo- calcio y magnesio y en la lana de oveja cobre. Vea el Manual del estudiante para las instrucciones.

(b) Divida a sus estudiantes para que formen cuatro grupos de expertos. Asigne a los grupos de expertos que busquen información sobre una de las enfermedades que enumeramos a continuación. Los estudiantes deberán buscar información sobre la enfermedad asignada y qué medidas se pueden tomar para prevenirlas. Exhorte a sus estudiantes a que entrevisten un médico o a un profesional de la salud y que lo inviten al salón de clases para que ofrezca una charla. La entrevista y la charla pueden sustituir la búsqueda de materiales en la biblioteca. Provea tiempo para que los grupos de expertos presenten su informe al resto de la clase. Ver el Manual del Estudiante para instrucciones.

2. Se sugiere que la siguiente actividad se lleve a cabo en grupos cooperativos. Motive a sus estudiantes para que lleven a cabo la Parte 2 de la Actividad 13. Pida a sus estudiantes que lean el anuncio “Cristales Prodigiosos.” Dicho anuncio afirma que algunos cristales tienen poderes curativos y de otra índole. Permita que los grupos analicen el anuncio. Utilice las preguntas a continuación u otras que crea pertinente.
 - ¿Cuál es la idea central de este anuncio?
 - ¿Cuál es tu opinión en cuanto a los poderes curativos que se le atribuyen a algunos cristales?
3. Pida a sus estudiantes que busquen información sobre los minerales que las plantas necesitan para mantenerse saludables. Sugiera que escojan una planta y que utilicen la técnica de personalización para que la planta explique sus necesidades. Provea la oportunidad para que los estudiantes presenten su trabajo.
4. Pida a algunos estudiantes que traigan etiquetas (no una muestra) de algún fertilizante comercial para las plantas que usa su mamá o papá para mantenerlas saludables. Analice con los estudiantes los componentes del fertilizante. Ayude a los estudiantes a identificar cuáles de éstos son minerales y en qué cantidades se utilizan. Advierta a los estudiantes que algunos fertilizantes pueden ser tóxicos y por lo tanto se debe seguir las instrucciones impresas en la etiqueta y tener cuidado al manejarlos.

III. Rocas Ígneas

Trasfondo para el Maestro

A. Las rocas ígneas y los procesos que las forman

Las rocas ígneas se forman por el enfriamiento y la cristalización de roca derretida llamado **magma**. Estas rocas son el récord de la historia térmica de la Tierra y su origen está estrechamente relacionado con el movimiento de las placas tectónicas. Los procesos ígneos juegan un papel importante en la expansión del fondo oceánico, el origen de las montañas, y la evolución de los continentes. El magma cuando se solidifica dentro de la Tierra produce rocas **plutónicas o intrusivas**. Estas son expuestas a la superficie por el levantamiento y por la acción de los procesos de erosión los cuales remueven el material que está encima de éstas y las exponen. Cuando el magma llega a la superficie, se le llama **lava** y produce las rocas **extrusivas o volcánicas**. Ejemplos de rocas volcánicas en Puerto Rico se encuentran en las formaciones relacionadas con el vulcanismo de arco de islas. Como por ejemplo la formación Daguao-Figueroa del nordeste de la isla. Rocas plutónicas se encuentran en el plutón de Utuado y en el Batolito de San Lorenzo.

Las rocas ígneas tienen una textura y una composición distintiva. A medida que los cristales crecen de la roca fundida desarrollan una red cerrada y entrelazada de granos que no muestran señales de abrasión como las rocas sedimentarias ni señales de esfuerzo como las metamórficas. Los granos que forman a las rocas ígneas son mayormente minerales de silicato, los cuales se cristalizan a temperaturas relativamente altas de 700° a 1200°C.

1. **Textura-** Las rocas ígneas tienen una textura que se caracteriza por **granos entrelazados** que han crecido del magma a medida que éste se enfría, incluye aspectos como tamaño y forma de los granos y la manera en que estos están entrelazados. El **tamaño de los granos** es de suma importancia porque provee información acerca del ambiente de formación de la roca. Este depende de un balance entre la razón de formación del cristal semilla y la razón de crecimiento del cristal. Si el magma se enfría rápidamente, los iones tendrán poca oportunidad para migrar, sin importar la fluidez del mismo. En general; mientras más se tarde un magma en enfriarse y mientras más fluido sea, más gruesa será su textura, más grandes serán sus granos. Mientras más viscoso sea la magma y más rápido su enfriamiento más fina será su textura, más pequeños serán sus granos. Las rocas volcánicas se enfrían más rápidamente y por lo tanto exhiben una textura de granos que no son visibles a simple vista. Esta textura de granos que sólo pueden verse con la ayuda de un microscopio se llama **afanítica**. Las rocas plutónicas se enfrían más lentamente, exhiben una textura de granos que pueden verse a simple vista, se llaman **faneríticas**. Cuando las rocas contienen granos de 5 cm en adelante se les llama **pegmatíticas**. Un magma no se enfría todo a un mismo tiempo necesariamente, sino que parte de éste puede enfriarse rápidamente y otra parte más lentamente. Cuando esto ocurre se produce una textura

combinada llamada **porfírica**, indicando dos razones de enfriamiento. A los granos grandes que se enfriaron lentamente se le llaman **fenocristales**, y al resto del material que los envuelve y está compuesto de cristales pequeños, los cuales se enfriaron rápidamente se le llama la **matriz**. El **grado de cristalinidad** es otro rasgo importante en el estudio de las rocas ígneas, sobretodo cuando las rocas se han enfriado tan rápidamente que los iones se congelan sin formar cristales. Estas rocas se caracterizan por ser oscuras, de textura **vidriosa** y son llamados **vidrios volcánicos**. Cuando los magmas son muy ricos en gases, éstos escapan a la atmósfera durante las erupciones, dejando atrás una espuma compuesta de gas y magma que cuando se enfría rápidamente se convierte en una roca de textura porosa como una esponja. Se dice que esta textura es **vesicular**. Otras veces los gases del magma escapan de forma explosiva y al hacerlo la lava se rompe en pedazos bien pequeños y se convierten en pedazos de vidrio que se acumulan al caer en el suelo. Estos pueden soldarse unos a otros por su propio calor, formando las rocas conocidas como **tobas soldadas**, las cuales exhiben una textura llamada **piroplástica**. A todo material que es expulsado al aire por un volcán se le llama **tefra**.

2. **Clasificación de las rocas ígneas-** Las rocas ígneas pueden clasificarse de muchas maneras. Sin embargo, encontramos que la clasificación más útil y fácil es a base de su **mineralogía y su textura**. Las rocas ígneas se describen por lo general de acuerdo a su contenido de minerales ferromagnesianos y feldespato y se agrupan en félsicas, máficas, intermedias y ultramáficas. Las rocas **félsicas** tienen gran cantidad de feldespatos potásicos y plagioclasas ricas en sodio y muchas veces contienen cuarzo. Esto las hace tener colores claros y ser menos densas. Las **máficas o básicas** tiene gran cantidad de minerales ferromagnesianos como la olivina y el piroxeno y contienen bastante plagioclasa rica en calcio pero contiene poco cuarzo y no contienen feldespato de potasio. Esto las hace ser de color oscuro y densas. Las rocas **intermedias** contienen minerales de ambos grupos y las **ultramáficas** consisten, casi en su totalidad, de minerales ferromagnesianos, usualmente olivina y piroxeno.
3. **Las rocas ígneas más abundantes-** Los tipos de rocas ígneas de más abundancia son **graníticas, basálticas y andesíticas**. Las rocas **basálticas** componen casi un 75% de todas las rocas ígneas en la corteza terrestre. Estas incluyen a los basaltos de origen volcánico (extrusiva) y a los **gabros** que tienen la misma composición pero son de origen plutónico (intrusiva). Los basaltos son rocas máficas compuestas mayormente de plagioclasa cálcica y de uno o dos tipos de piroxeno, con menor cantidad de olivina y cuarzo. Son de color gris oscuro o negro y de textura afanítica. Los gabros son de textura fanerítica y varían en color dependiendo de su contenido de plagioclasa. A este grupo pertenecen otras variedades de textura porosa, vidriosa y fragmental. Los **granitos** (intrusiva) y las **riolitas** (extrusivas) son las próximas en orden de abundancia. Son de composición félsica por lo tanto tienen colores claros y son livianas. Las rocas graníticas contienen feldespato potásico, plagioclasa rica en sodio y cuarzo con una cantidad menor de minerales ferromagnesianos; usualmente biotita y

hornablenda, algunas pueden tener moscovita. Este grupo también tiene variedades porosas, vesiculares y fragmentadas; y además, las rocas que exhiben la textura pegmatítica son usualmente de composición granítica. Las **andesitas** y las **dioritas** son de composición **intermedia**; con color, mineralogía y densidad entre aquellos de los granitos y los basaltos. Las andesitas (extrusivas) son mucho más abundantes que las dioritas (intrusivas). Los minerales más comunes en este tipo de rocas son las plagioclasas; tanto de calcio como de sodio, los anfíboles; usualmente la hornablenda y el piroxeno. Las rocas **ultramáficas** son muy raras en la corteza terrestre pero se cree que componen el manto casi en su totalidad. Son las más densas y oscuras de todas las rocas ígneas. Los minerales más abundantes en éstas son la olivina y el piroxeno.

B. Formas de los cuerpos ígneos intrusivos

Los plutones son masas de roca ígnea intrusiva. Dependiendo de su forma se le han asignado varios nombres:

1. **dique-** plutones planos y tabulares que atraviesan capas de roca ya existentes antes de la intrusión.
2. **silo-** plutones planos y tabulares paralelos a la capa de rocas existentes antes de la intrusión.
3. **lacolito-** tiene el fondo plano pero el tope es en forma de domo y empuja las capas de roca de encima formando un arco.
4. **lopolito-** tiene la forma opuesta al lacolito y son más grandes que éstos.
5. **tapón o tronco-** son plutones de forma irregular y son pequeños.
6. **batolito-** plutones de forma irregular que cubren un área de más de 75km². Por lo general son de composición granítica.

Ejemplos de Puerto Rico

Algunos ejemplos de rocas intrusivas en Puerto Rico se encuentran en la provincia Ignea Central de la Isla. Entre éstas se encuentran el Plutón de Utuado en el oeste y el Batolito de San Lorenzo en el este. El plutón de Utuado abarca un área irregular de aproximadamente 160km² extendiéndose del este al sureste desde el oeste de Utuado hasta el este de Jayuya. Los tipos de rocas que se encuentran en este plutón son; (a) monzonita de granodiorita-cuarzo, (b) diorita-granodiorita de cuarzo y (c) gabro en menor cantidad.

El batolito de San Lorenzo incluye tres unidades principales; en orden de edad ascendente éstas son: (a) xenolitos de diorita y gabro, (b) una unidad de granodiorita- diorita de cuarzo que compone un 75% del batolito y (c) una unidad de monzonita de cuarzo-diorita de cuarzo.

En el campo las intrusiones son importantes porque se utilizan para estudiar las relaciones entre los eventos de depositación y demás ya que las intruciones volcánicas son más jóvenes que las rocas que atraviesan. A este concepto se le conoce como la **ley de relaciones de cortes atravesados**.

C. Las rocas ígneas como ventanas al centro de la Tierra

Las rocas ígneas son muy importantes en el entendimiento de la composición de la Tierra. Estas nos proveen las únicas muestras del material del manto y nos ayudan a entender la estructura de la corteza terrestre debajo de los continentes y de los océanos y sobretodo la disposición de los procesos tectónicos. La corteza de los continentes y la de los océanos son diferentes. El **basalto** se encuentra en todas partes. Estos han hecho erupción en los continentes y se pueden encontrar en las zonas de subducción y componen el piso oceánico. Rocas intrusivas de tipo gabro se pueden encontrar en casi todas las cadenas de montañas. Los plutones de composición **granítica** están distribuidos a través de todos los continentes pero están ausentes en los océanos. Aparentemente los magmas graníticos no ocurren en la cuenca oceánica pero sí en los continentes. Esto indica que las rocas de esta composición no están presentes en los océanos. Sin embargo los magmas basálticos deben encontrarse en ambos continentes y océanos, puesto que rocas de esta composición ocurren en ambos. Los magmas basálticos deben formarse en el manto, probablemente en la astenosfera. Se puede decir entonces que cada gabro y basalto es una muestra proveniente directamente de la parte superior del manto, pero no porque el manto esté compuesto de basalto. Estas rocas se forman por un proceso de **fusión parcial** de rocas ultramáficas del manto en lugar de derretir totalmente rocas de composición gabroica. Evidencia de este proceso son los xenolitos presentes en los basaltos. Estos fueron recogidos por el magma mientras éste subía a la superficie y la presencia de diamantes en algunos indica que los xenolitos son representativos de los tipos de roca del manto superior.

Los procesos ígneos son de gran importancia para explicar el concepto de las placas tectónicas. Es evidente que los márgenes de placas convergentes (zonas de subducción) y los márgenes de placas divergentes (cadena-meso-oceánico) generan los diferentes tipos de rocas ígneas. Muchos estudios de composición química reflejan que la composición de los basaltos provenientes del piso oceánico y la composición de los basaltos de la cordillera oceánica es químicamente idéntica. Los magmas basálticos se generan en las zonas de subducción por fusión parcial de la corteza oceánica y los sedimentos en ésta mientras descienden al manto y por fusión parcial asociado con el metamorfismo de la corteza continental.

D. Los Volcanes

Los volcanes son el producto de la liberación de las presiones acumuladas en el magma. Cuando la roca se derrite se liberan gases y el calor del material produce presiones como sucede en una olla de presión. En el caso de la olla de presión esa fuerza es liberada a través de una válvula que si no la tuviera explotaría. El magma asciende a la superficie, ya sea por una grieta, levantando la Corteza Terrestre o por una explosión. Los volcanes forman montañas tanto en tierra firme como en el océano. Las formas de estas montañas están determinadas por la composición del material de extracción. A las diferentes formas de volcanes se le dan diferentes nombres.

1. Los estrato volcanes o volcanes compuestos, tienen una estructura que tiene la forma de un cono y se componen del flujo de una mezcla de lava de andesita con capas de cenizas de carbonilla (cenizas volcánicas negras) y de fragmentos. Los volcanes mencionados a continuación son ejemplos de este tipo montaña volcánica.

El Monte Rainier en el estado de Washington (4323 m)
El Monte Fuji en Japón (3700 m)
El Monte Cotopaxi en el Ecuador (5850 m)

2. Los volcanes de cúpula son de riolita, la cual es más viscosa, menos fluida que la andesita. La lava deja de fluir rápidamente y se solidifica. Los volcanes de cúpula son pequeños y tienen sus lados empinados.
3. Los volcanes de escudo son de basalto. Cuando el basalto llega a la superficie terrestre, fluye hacia fuera sin ruido, alrededor de una abertura central. Gradualmente la lava solidificada forma un montículo que se parece al escudo de un guerrero. Los volcanes de escudo más conocidos son los de las islas de Hawaii.
4. Los volcanes de conos de carbonilla (cenizas volcánicas) o vulcanianos. Estos volcanes producen unas erupciones violentas y una gran emisión de fragmentos de lava o de materiales sólidos en forma de carbonilla. La carbonilla se acumula alrededor de la chimenea del volcán y forma un cono de lados empinados.

En la mayoría de los volcanes hay una depresión que se conoce como el cráter, el cual está conectado por una chimenea a la cámara del magma. Algunos tienen un cráter grande que se llama caldera. A veces el magma se enfría y tapa la chimenea, cuando el volcán vuelve a tener actividad ésta será violenta debido a que al destapar la chimenea produce una explosión

Los volcanes siempre han sido un fenómeno donde se libera gran energía de la corteza terrestre. Tanto en el pasado como hoy día siguen siendo formadores de islas, rocas, y montañas. Hay civilizaciones que fueron borradas por la acción de un volcán. Los volcanes liberan grandes cantidades de lava a la superficie que cuando se enfría se convierte en roca ígnea. Los volcanes son una ventana por la cual podemos aprender lo que la Tierra guarda en su interior.

LOS VOLCANES

Introducción:

En el bloque *Nuestra Tierra Dinámica y Cambiante*, los alumnos estudiaron el tectonismo y como se forman los volcanes como resultado de ese fenómeno. En esta lección se volverá a visitar el concepto de volcanes y se iniciará la conexión entre la acción volcánica y el proceso de formación de rocas (Ciclo de las Rocas).

Tiempo sugerido: 250 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Explicarán como se forman los volcanes.
2. Describirán los componentes y las características de los volcanes.
3. Identificarán los aspectos positivos y negativos de los volcanes.

Conceptos: Volcán, Magma, Lava, Energía

Procesos: Observación, Comunicación

Técnica de enseñanza sugerida: Red semántica, Discusión, Película

Procedimiento:

1. Lleve a cabo un ejercicio de asociación de palabras con sus estudiantes. El ejercicio ayudará a sus estudiantes a activar conocimientos adquiridos sobre los volcanes y le permitirá al maestro diagnosticar el nivel de conocimiento de los estudiantes sobre el tema a discutirse y los errores conceptuales “misconceptions” que puedan tener éstos. A continuación sugerimos el procedimiento a seguir para el ejercicio de asociación. Si prefiere puede sustituir este ejercicio utilizando la técnica de red semántica o la de mapa de conceptos como actividad de exploración. Otra alternativa a esta actividad es pedir a los estudiantes que hagan un dibujo donde muestren la estructura del volcán y sus efectos.

Instrucciones para el Ejercicio de Asociación de Palabras

- (a) Divida a los estudiantes en grupos cooperativos.
- (b) Escriba en la pizarra o en una transparencia la palabra *volcán*.
- (c) Informe a sus estudiantes que tendrán aproximadamente 3 minutos para escribir palabras que ellos relacionen con la palabra *volcán*.
- (d) Luego de los tres minutos, pida al reportero de cada grupo que lea su lista. Mientras el reportero lee la lista, anote alrededor de la palabra *volcán*, las otras palabras relacionadas que vayan diciendo los reporteros de los diferentes grupos.

Después que el primer grupo lea sus palabras, indique a los grupos subsiguientes que solamente digan palabras que no estén anotadas. La siguiente figura representa una posible contestación al ejercicio sugerido.

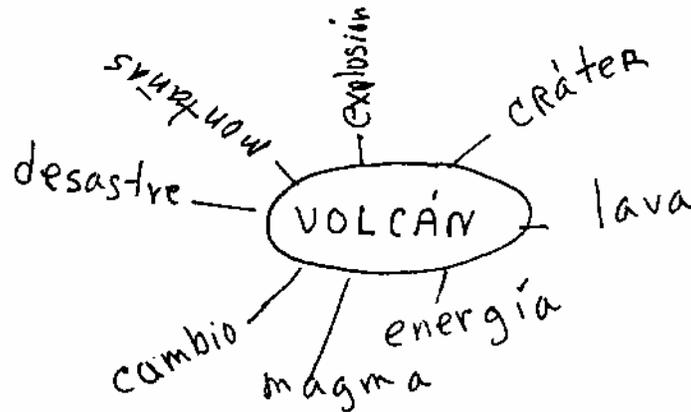


Figura 4

2. Asigne a sus estudiantes que lleven a cabo la lectura: De vuelta a los volcanes, que aparece en el Manual del Estudiante. Terminada la lectura, los estudiantes rotularán las partes del volcán y describirán la función de cada parte en la ilustración provista. Luego con su grupo cooperativo contestarán las preguntas que aparecen al final de la actividad. Discuta las contestaciones con el grupo en pleno.
3. Consiga en el centro audiovisuales su distrito o región una copia de la película que presente el tema de los volcanes. Sugerimos la película “Volcano” Britannica Films que se encuentra en algunas filmotecas del Departamento de Educación. En los establecimientos de alquiler de videos también puede encontrar videos con estos temas. Le recomendamos “Nature’s Fury” y “Volcano” de la compañía National Geographic.

Advertencia: Recomendamos que no utilice películas de ciencia ficción sobre este tema ya que pueden tener muchos conceptos falsos; sin embargo se puede utilizar segmentos de estas películas comerciales para ver si los estudiantes pueden identificar los conceptos erróneos que contienen.

REVELANDO LA ROCA

Introducción:

Esta actividad está diseñada para llevarse a cabo como una demostración ejecutada por el maestro(a). A través de la utilización de un modelo de una montaña o un volcán extinto, el estudiante descubrirá que debajo de algunos sedimentos y/o capas de rocas se encuentran capas de rocas ígneas. El estudiante mediante preguntas guías, dirigidas por el maestro(a) durante la demostración, explorará y buscará respuestas a la formación de montañas, volcanes y en especial a la formación de la roca ígnea. Revelando la Roca servirá para introducir el tema de las rocas ígneas utilizando el conocimiento previo relacionado con la del vulcanismo, la erosión y la formación de rocas sedimentarias. El conocimiento sobre meteorización, erosión, sedimentación, formación de rocas sedimentarias y la formación de las rocas ígneas, nos puede ayudar a empezar a desglosar formalmente el ciclo de las rocas.

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Explicarán mediante qué procesos puede quedar expuesta la roca ígnea.
2. Explicarán por qué el centro de la montaña puede estar formado por roca ígnea.

Conceptos: Erosión, Meteorización, Roca ígnea.

Procesos: Observación, Inferencia

Técnica de enseñanza sugerida: Demostración

Materiales:

bandeja de erosión
arena o tierra
rocas ígneas (grande)
sistema de agua (lección #1)

Procedimiento:

Nota: Los pasos 1-3 deben ejecutarse con anterioridad. El estudiante no debe ver la preparación de estos pasos.

1. Obtenga una bandeja de erosión y colóquela horizontalmente sobre la mesa de demostración.
2. Coloque la roca ígnea grande en el medio de la bandeja.
3. Cubra la roca con tierra o arena formando una montaña que represente ser un volcán extinto. Vea Figura 5.
4. Coloque el sistema de agua sobre la montaña y riegue esta poco a poco hasta descubrir o exponer la roca completamente.

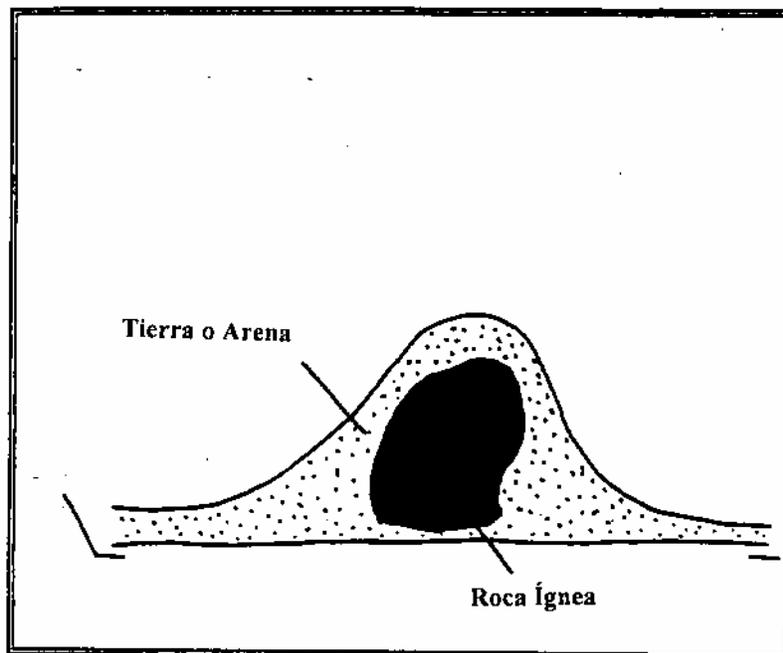


Figura 5

Preguntas guías:

- Dirija a sus estudiantes a identificar la formación terrestre que tienen frente a ellos:
Una montaña → un volcán (extinto)
- ¿Qué características tiene esta formación?
Elevación, forma cónica, capa de terreno o rocas.
- ¿Qué procesos han ayudado a revelar o exponer la roca?
Meteorización, erosión
- ¿Cómo pudo formarse esa roca revelada?
- ¿Cómo llegó esa roca allí?
- ¿Cómo se formó el terreno sobre la montaña?
Erosión de rocas (ígneas, sedimentaria) preexistente, deposición de cenizas o partículas expulsadas por el volcán ahora extinto.

CONOCIENDO AL GRUPO "I"

Introducción:

En esta actividad el estudiante tendrá la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos sobre las rocas ígneas. Utilizará esos conocimientos para identificar y clasificar las rocas ígneas en dos grupos principales tomando en consideración la posible formación de la roca.

Tiempo sugerido: 250 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Identificarán características de las rocas ígneas.
2. Describirán el proceso de formación de las rocas ígneas.
3. Clasificarán rocas ígneas en intrusivas o extrusivas.
4. Localizarán en un mapa de Puerto Rico las regiones donde se encuentran rocas ígneas.

Conceptos: Rocas ígneas, Rocas intrusivas (plutónicas), Rocas extrusivas (volcánicas)

Procesos: Observación, Inferencia, Clasificación, Comunicación

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Discusión, Investigación dirigida

Materiales:

colección de rocas
lupa
hoja de datos
papel de estraza
marcadores a colores

Procedimiento:

1. Motive a los estudiante para que lleven a cabo la Actividad 14: *Conociendo al Grupo I*, que se encuentra en el Manual del Estudiante. Previo a la distribución de las rocas, examine cada muestra para asegurar que todas están identificadas con un número. Supervise a los estudiante para cerciorarse que están utilizando correctamente la clave dicotómica para clasificar las rocas.
2. Luego de finalizada la actividad, discuta el contenido de las tablas cumplimentadas por los estudiantes.

3. Provea tiempo para que sus estudiantes presenten la(s) clasificaciones de las rocas que hicieron, utilizando la clave dicotómica.
4. Lleve a cabo la lectura *las Rocas Ígneas*, que se encuentra en las págs. 56-57 del libro *Descubrimiento 9 de Ediciones Santillana*. También puede utilizar la lectura *de Las Ciencias de la Tierra y del Espacio (Merrill)* u otra lectura sobre este tema y que esté a tono con el nivel y los intereses de sus estudiantes. Como ambas lecturas son un poco extensas, recomendamos emplee la técnica de grupos de expertos u otra estrategia para llevar a cabo la misma. Las dos lecturas sugeridas tienen preguntas guías que el grupo en pleno deberá contestar, por escrito en sus libretas de ciencia.
5. Motive a los estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 15: *Describiendo Nuestra Roca Ígnea*, que aparece en el Manual del Estudiante. Vea actividad para el procedimiento.
6. (a) Exhorte a sus estudiantes a que hagan un proyecto especial (individual o de grupo) sobre lugares en Puerto Rico donde se encuentran rocas ígneas. Pueden buscar información en la biblioteca escolar, en el Departamento de Recursos Naturales, o en el US Geological Survey. Provea tiempo para que los estudiantes presenten sus proyectos. Por ejemplo, algunos lugares en Puerto Rico donde encontramos rocas ígneas son:
 - Formaciones de Almohadillas- Expreso Luis A. Ferré: Salinas (extrusivas)
 - Formaciones batolito- Se extiende desde Vieques hasta Cayey (intrusivas)
 - Diques compuestos de feldespato, cuarzo y mica-Las Piedras y Punta Guayanés (intrusivas)
 - Tufa o Toba Volcánica – Sierra de Luquillo (se encuentra en capas de hasta 152 metros de espesor (extrusiva)
 - Tufa o Toba Volcánica Guaynabo, Cayey, Comerío, Río Piedras (Montes de Hatillo, Yauco (extrusiva)¹

Nota al maestro (a):

Repase el Trasfondo para el maestro, pág. 39: *Formas de los cuerpos ígneos intrusivos-Ejemplos de Puerto Rico* ya que le ayudará a profundizar su conocimiento de este tema. No se espera ni se recomienda que usted utilice la información tal como está en ese trasfondo, pues generalmente está sobre el nivel de comprensión de los estudiantes.

(b) Cubra una pared o una pizarra que no esté utilizando con papel de estraza. Motive a los estudiantes para que dibujen el contorno de la isla de Puerto Rico en el mismo. Según van informando los grupos en la parte (a), solicite a los estudiantes que localicen e identifiquen en el mapa las regiones donde se encuentran las rocas ígneas. Instrúyales para que

¹ Vázquez Iñigo, Leovigildo. Geología General de Puerto Rico Sus Rocas y Minerales, junio de 1983

establezcan una clave que más tarde les servirá para distinguir otros tipos de rocas (sedimentarias y metamórficas) que se añadirán al mapa. Otra forma de llevar a cabo esta actividad es utilizar el mapa esquemático de Puerto Rico que aparece en el **Apéndice 6**, para que los estudiantes, trabajando en grupo, localicen y dibujen las áreas donde se encuentran rocas ígneas. Puede llevar a cabo una de estas actividades o sustituirla por una de su creación siempre y cuando cumpla con los objetivos establecidos para la lección.

IV. Rocas Sedimentarias

Trasfondo para el Maestro

La meteorización y las rocas sedimentarias

Las **rocas sedimentarias** componen un 75% de la superficie de los continentes. Estas se forman en la superficie de la Tierra por el deterioro químico y físico de rocas ya existentes o de componentes de organismos, las cuales se rompen en pedazos que son re-arreglados y luego **cementados**. Las rocas ígneas nos proveen una gran cantidad de información sobre las condiciones de la superficie en el momento de formación de las mismas.

Procesos que forman sedimentos

Se le llama **meteorización** a la interacción entre los elementos de la atmósfera y las rocas expuestas en la superficie de la Tierra. Los agentes meteorizadores; agua, viento, hielo, actividad de las plantas y animales rompen física y químicamente las rocas existentes y transportan los residuos o sedimentos. Existen tres tipos de sedimentos que forman los diferentes tipos de rocas sedimentarias; **clastos, material orgánico y precipitados químicos, Figura 6-1** Estos son productos de los diferentes procesos que deterioran a las rocas o a las plantas y organismos. Las rocas sedimentarias se dividen en **clásticas, no clásticas y biogénicos**.

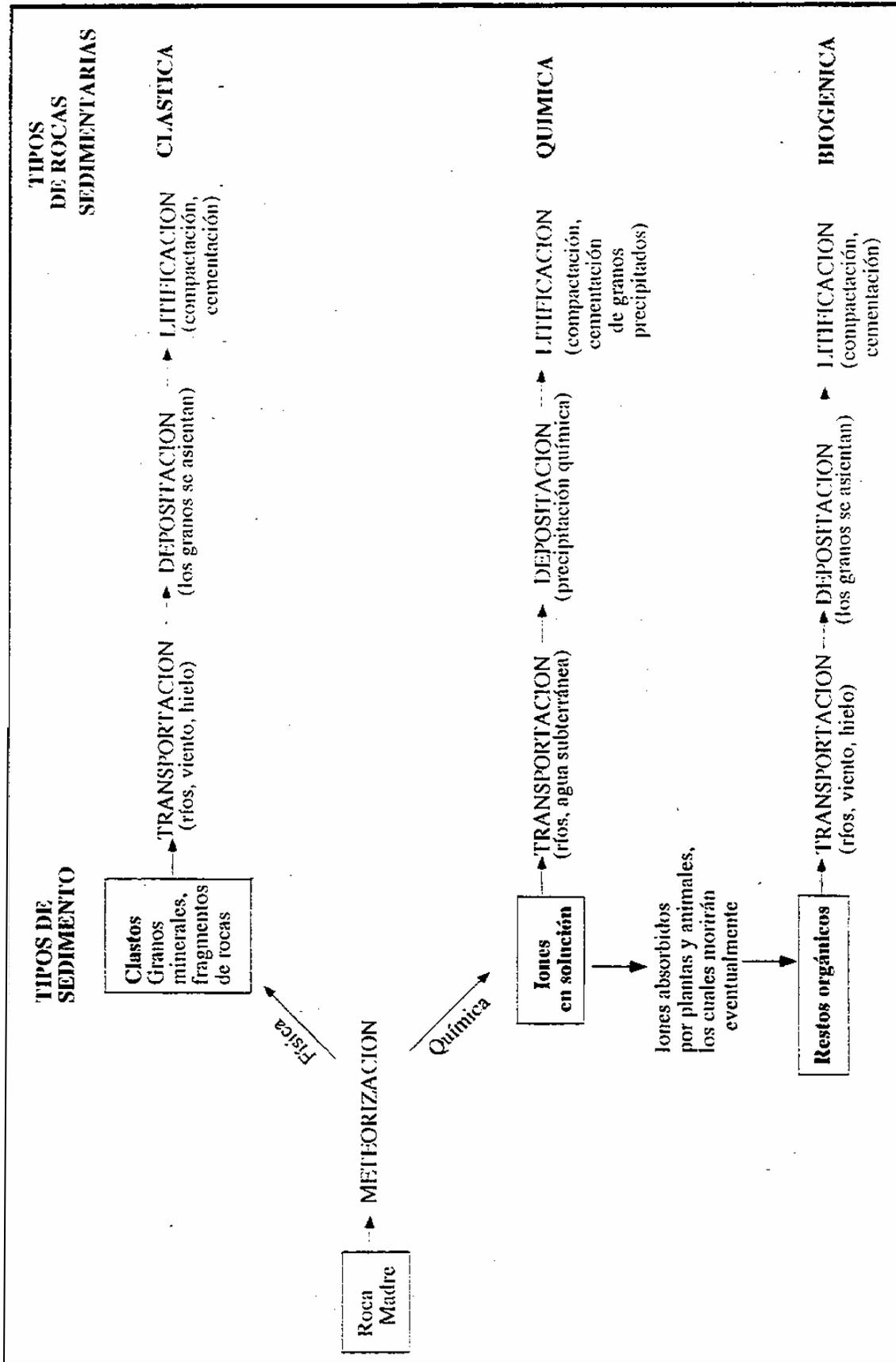


Figura 6-1 Los pasos en la formación de las rocas sedimentarias. Tomado de Allan Ludman, *Laboratory Exercises in Physical Geology*. Copyright © 1993 Wm. C. Brown Communications, Inc. Reprinted by permission of Times Mirror Higher Education Group, Inc., Dubuque, Iowa. All Rights Reserved.

A) Rocas Clásticas (Granos individuales dentro de un cemento o matriz)			
Nombre de acuerdo al tamaño de grano	Tamaño de grano	Cómo determinar	Forma de grano
			Redonda Angular
Grava	>2 mm	Midiendo los granos	Conglomerado Brecha
Arena	1/16- 2 mm	Granos visibles	Areniza
Limo	1/256 - 1/16 mm	Se siente arenoso en los dientes	Limolita
Lodo	< 1/256 mm	Se siente liso en los dientes	Lodolita o Lutita
B) Rocas Biogénicas			
Tipo de Organismo	Nombre de la roca		
Masa compuesta de fragmentos de conchas	Coquina		
Masa de grano fino compuesta de organismos microscópicos calcáreos	Tiza		
Masa de grano fino compuesta de organismos microscópicos silíceos	Diatomita		
Restos de plantas	Turba Carbón de Piedra		
C) Rocas Químicas			
	Mineral	Cristales entrelazados	Textura Granos bien finos
	Halita	Sal de Roca	
	Yeso		Alabastro
	Calcita	Caliza cristalina	Caliza Mierfica
	Dolomita	Dolomita cristalina	Dolomicitita
	Cuarzo		Pedernal
Modificadores composicionales basados en mineralogía de clastos			
	Cuarzo	Cuarzo y felds.	Fring. roca
	Cuarzoso	Arcósico	L. fíco
	Ortocuarzita	Arcósico	Gravaca
	Muy pequeños para determinar composición		
	Muy pequeños para determinar composición		

Figura 6-2 Clasificación de las Rocas Sedimentarias. Tomado de Allan Ludman, Laboratory Exercises in Physical Geology. Copyright © 1993 Wm. C. Brown Communications, Inc. Reproducido con permiso de Times Mirror Higher Education Group, Inc., Dubuque, Iowa. Derechos Reservados.

- (a) **meteorización física**- esta ocurre cuando el rompimiento de las rocas existentes es el resultado de la transportación o de cuña helada. Los granos derivados de este rompimiento están expuestos a la abrasión. Los sedimentos derivados de la meteorización física se llaman **clastos**. A las rocas formadas por estos clastos se les llama **siliciclásticas** porque por lo general contienen sílica.
- (b) **meteorización química**- esta incluye las alteraciones causadas por procesos químicos, por ejemplo, cuando los feldespatos en un granito son expuestos a aguas de tipo acídica estos son alterado a arcillas minerales.

Ambos procesos son tan poderosos que pueden reducir peñones de roca inmensos a partículas de polvo.

Los sedimentos que son producidos por animales o plantas se llaman **biogénicos**. Ejemplos de estos son pedazos de conchas que son rotos por la acción de las olas en la playa y componentes de algas calcáreas como Halimeda, que una vez muere la planta, las placas calcáreas pasan a formar parte del sedimento. Los **sedimentos químicos** están compuestos de cristales que resultan de soluciones concentradas. Los iones están suspendidos en el agua proveniente de minerales existentes producto de la meteorización. Los iones se precipitan como cristales que se acumulan en capas de sedimento químico. La precipitación de la solución continuará hasta que la misma no esté saturada con respecto a determinado ión. Al sedimento químico depositado de una solución concentrada o sobre saturada se le llama **evaporito**.

Características del sedimento

En esta parte se discutirán los factores importantes en las características de un sedimento y lo que determinará su clasificación en el tipo de roca sedimentaria.

1. **Composición**- el factor más importante en la clasificación del sedimento siliciclástico es la mineralogía de la roca madre. La composición de las rocas sedimentarias dependerá no sólo de la composición de la roca madre sino también de la intensidad y duración de la meteorización, cambios durante la transportación, el tiempo que llevan sepultadas y los cambios mineralógicos que pueden ocurrir luego de ser sepultadas.
2. **Textura**- esta incluye a tres factores importantes en la clasificación de las rocas sedimentarias. El **tamaño de grano**; este varía desde tamaño peña (>256 mm en diámetro), a piedrecilla (64-4mm), a arcilla (<0.004 mm); **el sorteo**, se refiere a la variación en tamaño del sedimento, una roca que tenga la mayoría de sus granos del mismo tamaño está bien sorteada, mientras que una que contenga granos de varios tamaños está pobremente sorteada. La **redondez** de sus granos es muy importante porque es el resultado no sólo de la composición del grano sino también de la duración de la transportación.

3. **Color-** las rocas sedimentarias exhiben una gama extensa de colores. En algunas el color refleja el color de los minerales originales pero la mayoría refleja un color producto de la meteorización a la que han estado expuestas. Por ejemplo, rocas que tengan un color rojizo o amarillento probablemente contienen hierro y rocas con un porcentaje alto de material orgánico tienen un color gris oscuro, gris azulado o negro.

Transportación y depositación del sedimento

Los sedimentos derivados de rocas existentes son transportados por varios agentes antes de ser litificados y convertidos en rocas. Los agentes llevan a estos sedimentos de manera diferente resultando en texturas diferentes. Sedimentos transportados por un flujo de lodo, el viento y los glaciales están discretamente suspendidos en éstos. Mientras que el sedimento transportado por el agua está expuesto a una variedad de mecanismos físicos y químicos. Además que el agua puede llevar partículas de varios tamaños y ocurre en todos los climas. Por esto es el agente de transporte más efectivo.

La litificación de los sedimentos

Cuando el sedimento llega a su destino se convierte en roca por el proceso de litificación; éste comprende compactación, sedimentación y la formación de matriz.

La **compactación** ocurre cuando las partículas son apretadas por sedimento depositado encima de éste. La mayoría del sedimento tiene espacios entre sus granos llamados **poros**. La **porosidad** es la cantidad de espacio entre los granos de una roca comparados con el volumen total de la roca. Mientras más sedimento se deposite sobre éste, más presión ejercerá sobre el sedimento original y se reduce la porosidad del mismo y aumenta el espesor de las capas. La cementación ocurre cuando materiales cristalinos crecen entre las partículas. Los cementos más comunes son de sílica (SiO_2), de calcita (CaCO_3) y de óxido de hierro (Fe_2O_3). Los cementos pueden originarse de líquidos atrapados en los poros del sedimento, de fluidos que circulan entre los poros luego de la depositación o de la solución y reprecipitación de las mismas partículas sedimentarias. Algunas rocas sedimentarias no están litificadas por cemento sino que lo están por una matriz de partículas compuesta de partículas sedimentarias bien pequeñas solidificadas que eran parte del sedimento cuando éste se depositó. La formación de matriz es un cambio mineralógico que resulta en litificación, pero ocurren otros cambios que no resultan en ésta. Ejemplos de estos son: la disolución de minerales existentes, el remplazo de cementos diferentes al original y la conversión de un mineral no estable a uno más estable.

Tipos de rocas sedimentarias

Como se ha dicho anteriormente, las rocas sedimentarias se dividen en clásticas, biogénicas y químicas dependiendo del origen de su composición principal. Se utiliza la textura y la mineralogía para subdividir estos grupos (refiérase a la **Figura. 6-2**). A continuación encontrará una descripción breve de los tipos más comunes de cada grupo.

Siliciclásticas- clasificadas según el tamaño de sus granos y su composición. Si tienen granos de tamaños ($2 > 256$ mm) se llaman **conglomerados** si los granos son redondos y **brechas** si los granos son angulares. Si tiene granos de tamaño de arena ($2 - 0.063$ mm) se llaman **areniscas**, si contiene más de un 15% de matriz son **grauvacas** y si tienen menos de un 15% son **arenitas**. Las compuestas de partículas tamaño limo son **limolitas** y las de tamaño arcilla son **lutitas**. La composición de las partículas es identificada por un adjetivo que le sigue al término textural, por ejemplo, arenisca de cuarzo, brecha feldespática.

Rocas biogénicas- clasificadas de acuerdo a su composición, su textura y en el caso de las calizas cristalinas, por el tamaño de sus cristales. Los tipos más comunes son **la caliza** (CaCO_3), **la dolomita** ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), y **la coquina**, una roca clástica de origen biogénico, compuesta de fragmentos de conchas de organismos calcáreos marinos. Las rocas calizas pueden contener una gran variedad de componentes, pero la mayoría está compuesta de una mezcla de elementos texturales y se clasifican utilizando el término que describa el componente más abundante, por ejemplo caliza oolítica.

Rocas químicas- son producto de la precipitación química de cristales de una solución concentrada. La textura de éstas es un mosaico de cristales entrelazado, similar a las de las rocas ígneas. Se clasifican por la composición del cristal componente y el nombre de la roca es aquel del mineral dominante. Ejemplos son **halita** (NaCl), **yeso** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), **pedernal** (SiO_2) y la **fosforita** (fosfatos de calcio complejos).

Fósiles.- Las impresiones, trazas y parte de los cuerpos de organismos que han sido preservados por procesos naturales se llaman **fósiles**. Por lo general sólo las partes duras como huesos, dientes y conchas son preservadas, pero existen varias excepciones como son las partes blandas de los organismos preservados en las rocas de Ediacara Hills en Australia y los fósiles de insectos completos que son preservados en el ámbar. Los fósiles se forman de diferentes maneras. Por **reemplazo**, cuando el agua atraviesa el sedimento y minerales nuevos se precipitan de la solución reemplazando los tejidos originales. Por **carbonización**, cuando material de las plantas cae en lodo de lagos y pantanos estancados y son preservados de la oxidación y la descomposición. Este material es transformado en impresiones de carbón las cuales preservan la forma original del material fósil. Cuando un organismo es enterrado en el sedimento y luego disuelto se forma una cavidad o **molde** que se llena más tarde de sedimento formando un **calco** de tres dimensiones del organismo original. Otros fósiles no son parte de los organismos sino los efectos de los mismos, un récord de sus actividades en sus madrigueras, en sus vías y veredas. Estos son **fósiles traza** y proveen información importante en cuanto al comportamiento de organismos antiguos.

Estructuras sedimentarias

Las estructuras sedimentarias son aquellos rasgos que se forman por mecanismos físicos, químicos o biológicos al momento de la sedimentación. La propiedad más distintiva de las rocas sedimentarias es que son depositadas en capas. Esta acumulación en capas se conoce como **estratificación**. A las capas de más de 1 cm de espesor se les llama **estrato** y de 1 cm o menos se les llama **lámina**. Cada capa está separada de la otra por un cambio físico en la roca llamado **plano de estratificación**. Las capas se distinguen por cambios en el tamaño de los granos,

composición, sorteo, color, contenido fósil y cada capa puede representar un conjunto de condiciones ambientales diferentes. Otros rasgos sedimentarios son: la **estratificación gradual** en la que el tamaño del grano disminuye constantemente del fondo hasta el tope del lecho; **estratificación rítmica** en donde dos o más capas alternan de manera regular, esto implica una alteración secuencial entre dos tipos de condiciones de sedimentación. La **estratificación cruzada** es el tipo de estratificación en la que capas dentro de un lecho no están horizontales sino inclinadas. Se forman cuando el agua o el aire mueven la arena en ondulaciones o dunas a través de una superficie.

Las **rizaduras de oleaje** se manifiestan como pequeñas olas y se forman cuando las corrientes de agua o de aire se mueven sobre la superficie. Estas pueden ser de dos tipos: de **ondulación u oscilación** simétricas con la forma del vaivén de las olas y de **corrientes** asimétricas formadas por corrientes que se mueven por el fondo. Las **grietas de desecación** o **clizoglifos** se forman cuando un sedimento arcilloso se seca contrayéndose y formando una serie de polígonos en la superficie.

La historia geológica de un área se determina por el estudio de las rocas expuestas. Esta tarea se complica cuando las rocas han sido deformadas después de depositarse. Las estructuras sedimentarias y los fósiles son de mucha utilidad para determinar la orientación original de las capas, el orden de los eventos y las condiciones ambientales bajo las cuales se formaron.

MENÉALO

Introducción:

En la actividad presentada a continuación los estudiantes trabajarán un modelo donde se muestra el proceso de sedimentación. Mediante esta experiencia, los estudiantes podrán observar el procedimiento de sedimentación y la creación de estratos. Las partículas de terreno son de diferentes tamaños y no todas logran llegar a un mismo destino. Las partículas pequeñas viajan con mayor facilidad, sin embargo al depositarse en un lugar específico son las últimas en asentarse.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Explicarán la relación entre la meteorización y la producción de sedimentos.
2. Explicarán cómo ocurre la deposición de sedimentos de acuerdo al tamaño de las partículas.
3. Formarán rocas de sedimentos, productos de la meteorización.
4. Definirán el término operacionalmente conglomerado.
5. Establecerán diferencias entre conglomerado y brecha.

Conceptos: Deposición, Sedimentación, Estratificación, Conglomerado, Brecha

Procesos: Observación, Formulación de inferencias, Predicción, Creación de modelos

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio

Materiales:

- 2 rocas (que formen polvo o granos)
- 2 tubos de ensayo
- arena
- papel blanco

Pasos pre-actividad:

1. Consiga con anterioridad dos piedras que formen polvo o se desintegren en granos con la acción de molerlas o frotarlas una con la otra. Debe conseguir dos piedras por cada grupo cooperativo.
2. Asegúrese que la arena a utilizarse esté completamente seca.

Procedimiento:

1. Active la memoria de sus estudiantes, pidiéndoles que recuerden la demostración: *Revelando la Roca* que el(la) maestro(a) hizo al comenzar el estudio de las rocas ígneas. Sugieramos las siguientes preguntas para dirigir la discusión:
 - ¿Qué proceso ayudó a revelar la roca? (Meteorización)
 - ¿Qué le sucede a las partículas de rocas productos de la meteorización? (Se convierten en sedimentos que son arrastrados y depositados mediante el proseo de erosión).
2. Motive a sus estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 16: Menéalo. Refiérase al Manual del Estudiante para las instrucciones de la actividad.
3. Provea tiempo para que los estudiantes contesten con su grupo cooperativo, las preguntas 2, 7 y 8 que aparecen el Manual del Estudiante.
4. Discuta las contestaciones ofrecidas por los diferentes grupos cooperativos.

Notas al maestro (a):

Conserve algunos tubos con sedimentos ya que los utilizará para iniciar la próxima actividad.

Previo a la actividad que sigue a continuación, se sugiere al maestro que repase la sección *Tipos de rocas sedimentarias que aparece en el Trasfondo para el Maestro al inicio de ésta sección.* Note que los autores del escrito utilizan el vocablo **siliclásticas** para referirse a las rocas **clásticas** y el término **biogenético** para referirse a las rocas no-clásticas. **No** se espera que se le enseñe al estudiante esta diferencia ni los detalles que referentes a las diferentes rocas clásticas y no clásticas que aparecen en el ensayo. Esta información se ofrece para profundizar y aclarar el conocimiento del profesor en cuanto al tema bajo estudio.

JUNTITOS Y PEGADITOS

Introducción:

Mediante esta actividad sus estudiantes descubrirán otro proceso (cementación) que contribuye a la formación de rocas sedimentarias especialmente las del tipo de conglomerado. El proceso de cementación ocurre cuando algunos sedimentos se unen entre sí (o se cementan) por la acción de los minerales disueltos en agua subterránea de movimiento lento. El mineral cementado puede ser sílice (SiO₂), carbonato cálcico (CaCO₃), minerales de óxido de hierro o minerales arcillosos. Durante la cementación, el agua transporta los minerales a través de los sedimentos. Los minerales se dejan entre los fragmentos de los sedimentos y provee el cemento que une los fragmentos entre sí. Esta actividad también pretende que por medio de las experiencias provistas, el estudiante pueda establecer la diferencia entre un conglomerado y una brecha.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Explicarán como se desarrolla el proceso de cementación.
2. Descubrirán como la cementación ayuda en la formación de rocas sedimentarias.
3. Definirán operacionalmente el proceso de cementación.

Concepto: Estrato, Cementación, Conglomerado, Brecha

Procesos: Observación, Experimentación, Modelos,

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Discusión

Materiales:

vasos de papel (207mL ó 7 onz.)
arena
gravilla (redonda y puntiaguda)
tierra
goma de pegar o pegamento (blanca
lupa
cuchara plástica
cristal de reloj o papel encerado

Preparación Previa:

1. La arena o material terrestre a utilizarse debe estar completamente seco.
2. Dado a que los estudiantes pueden utilizar arena, gravilla o tierra, debe haber en cada grupo dichos materiales para que el estudiante pueda hacer una selección. Si el estudiante utiliza gravilla redonda, formará un conglomerado. Si utiliza gravilla o material puntiagudo, formará una brecha.
3. Se sugiere que los estudiantes trabajen esta actividad en grupos cooperativos.

Procedimiento:

1. Utilice algunos tubos con la muestra de sedimentación que preparó en la actividad anterior para iniciar la clase. Formule preguntas tales como las que sugerimos a continuación para comenzar la discusión:
 - ¿Qué materiales se asentaron primero? ¿Por qué?
 - ¿Qué materiales se asentaron al final?
 - La palabra **estrato**, ¿es un sinónimo para qué proceso en la formación de rocas sedimentarias?
 - ¿Qué factores pueden afectar el ritmo de asentamiento? (Por ejemplo: características del fluido, características de los sedimentos)
 - Compara este proceso de sedimentación con lo que ocurre en la naturaleza. Ofrece ejemplos.
2. Motive a sus estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 17: Juntitos y Pegaditos. Para procedimiento vea el Manual del Estudiante. El proceso de secado de la roca puede aligerarse utilizando un clavo para hacer orificios en el cartón. Advierta a los estudiantes sobre el uso apropiado del clavo para evitar accidentes.
3. Luego de finalizada la actividad, provea tiempo para que los estudiantes contesten con su grupo cooperativo las preguntas que aparecen al final de la actividad y que anoten las contestaciones en su libreta de ciencia. Luego discuta las contestaciones ofrecidas por los diferentes grupos. Cerciórese que durante la discusión los estudiantes demuestren que entienden y pueden definir operacionalmente *cementación* en la formación de esta roca y que puedan establecer la diferencia entre *conglomerado* y brecha.
4. Exhorte a sus estudiantes a que expliquen qué es un modelo y las diferencias entre el modelo de la roca que han creado y lo que sucede en la naturaleza.

FORMANDO MÁS ROCAS SEDIMENTARIAS

Introducción:

Esta actividad retoma el tema de la cementación y la formación de la roca sedimentaria clástica. En este experimento, los estudiantes podrán observar el efecto que tiene un compuesto químico (FeSO_4) en el proceso de cementación. La presencia del compuesto de hierro disuelto en agua causa cementación y endurecimiento de las partículas de arena a medida que se seca el depósito. Cuando esto sucede, el depósito cambia a un color amarillo; el color amarillo o rojizo de muchas rocas areniscas se debe a la presencia de estos compuestos de hierro en el material cementador. Este experimento sugiere una forma para explicar cómo se endurecen las partículas al depositarse. Los agentes naturales contienen muchos materiales disueltos que podrían actuar de una forma similar a las sustancias que se pondrán a prueba.

Tiempo aproximado: 50 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Explicarán como se desarrolla el proceso de cementación.
2. Explicarán como se puede determinar la presencia de compuestos de hierro en las rocas.

Concepto: Cementación, Roca clástica

Procesos: Observación, Medición, Inferencia, Control de variables, Modelos

Técnica de enseñanza: Discusión, Laboratorio

Materiales:

1 cuchara
arena fina
sulfato férrico (FeSO_4)
sulfato de amonio férrico
vasos de papel

Procedimiento:

1. Utilice dos de las rocas creadas por sus estudiantes en la Actividad 17: *Juntitos y Pegaditos*. Seleccione una muestra de roca que represente un conglomerado y una que represente una brecha. Para guiar la discusión sugerimos preguntas como las siguientes:
 - ¿Qué proceso llevamos a cabo para hacer estas rocas?
 - ¿Cuales son las diferencias o similitudes entre ambas?
 - ¿Por qué consideramos las rocas que hemos hecho como *modelos* ?
2. Motive al estudiante para que lleve a cabo la Actividad 18: *Formando más rocas sedimentarias* que aparece en el Manual del Estudiante. Refiérase al Manual del Estudiante para el procedimiento.
3. Provea tiempo para que los grupos cooperativos contesten las tres preguntas al final de la actividad. Instruya a los estudiantes que primero contesten individualmente las preguntas en su libreta de ciencia y luego compartan y comparen sus contestaciones con su grupo cooperativo. Cuando los estudiantes hayan contestado las preguntas, discuta las contestaciones con el grupo en pleno.

SÚPER PEGADITOS

Introducción:

La actividad a continuación ayudará a los estudiantes a comprender el rol de la presión en el proceso de compactación y de formación de las rocas sedimentarias. El estudiante hará un modelo que le permitirá ver como la presión empuja los fragmentos de roca y extrae el aire y el agua entre los fragmentos.

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

1. Describir los factores que contribuyen en la compactación de los fragmentos de roca.
2. Explicar cómo la compactación ayuda en la formación de las rocas sedimentarias.

Concepto: Compactación, Presión, Estratos

Procesos: Observación, Predicción experimentación, Formulación de modelos

Técnicas de enseñanza sugerida: Laboratorio, Demostración, Trabajo cooperativo

Materiales:

plasticina de diferentes colores
tabla pequeña o libro
papel encerado o de periódico
cuchillo plástico

Procedimiento:

1. Organice los estudiantes en grupos de trabajo cooperativo. Asegúrese que cada grupo tenga disponibles los materiales que necesitan para llevar a cabo la actividad.
2. Utilice el cesto de la basura o un recipiente similar, para llevar a cabo la demostración sugerida a continuación. Si el cesto está vacío haga bolas con papel de periódico sin apretarla mucho. Eche las bolas en el cesto hasta que sobre salgan del borde del mismo. Pida a sus estudiantes que hagan una predicción de lo que sucederá si se pisan las bolas de papel (o la basura) que hay dentro del cesto. Se sugieren preguntas como las siguientes para guiar la discusión.
 - ¿Cómo compara el espacio ocupado por las bolas de periódico (o la basura) antes y después de ser pisadas?
 - ¿Qué hay entre los espacios de las bolas del papel (o de la basura que está en el cesto)?

- ¿Qué le sucede al aire que hay entre los espacios de las bolas cuando las pisas con el pie?
 - ¿Por qué puedo colocar más bolas de periódico (o basura) dentro del cesto después de pisarlas?
 - ¿Que palabra puede utilizarse para describir el proceso de hacer que las bolas de periódico o la basura ocupen menos espacio? (Compactación: Si a los estudiantes se le hace difícil contestar la pregunta, puede ayudarles a hacer una asociación preguntado: ¿Qué es un CD? (Es un Disco Compacto). ¿Por qué se le llama así? (Porque en menos espacio puede acomodar más información o canciones).
3. Motive a los estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 19: *Super pegaditos* y que contesten las preguntas con su grupo cooperativo.
 4. Provea tiempo para la discusión de las preguntas. Durante la discusión se debe enfatizar los factores que contribuyen al cambio (calor y presión) y además producir una definición operacional de *compactación*.

SOBRE LAS ROCAS

Introducción:

En esta actividad los estudiantes compartirán diferentes lecturas sobre las rocas sedimentarias que le ayudarán a relacionar los conceptos aprendidos en las actividades que han llevado a cabo y a obtener un entendimiento más profundo de los mismos.

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Discutirán como se forman los diferentes tipos de roca sedimentaria.
2. Explicarán la clasificación de las rocas sedimentarias.

Concepto: Rocas sedimentarias

Procesos: Comunicación, Interpretación de datos, Clasificación

Técnica de enseñanza: Lectura, Discusión, Trabajo cooperativo

Materiales:

Lecturas variadas:

- El origen de las rocas sedimentarias- *Descubrimiento 9*, Págs. 60-61.
- Las rocas sedimentarias – *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, págs. 127-131.
- Las rocas de pedazos de roca-Manual del Estudiante
- Otras lecturas seleccionadas por el maestro.

Procedimiento:

1. Escriba en la pizarra o en una franja de cartulina las palabras: **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Lleve a cabo una discusión informal utilizando las siguientes preguntas:
 - ¿Qué es una roca?
 - ¿Qué te sugieren las palabras: ROCAS SEDIMENTARIAS?
 - ¿De qué están hechas las rocas que formaste en las actividades anteriores?
 - ¿Cómo se formaron?
 - ¿Dónde las podríamos encontrar en la naturaleza?
2. Divida a sus estudiantes en grupos cooperativos. Distribuya las diferentes lecturas entre los grupos. Si una lectura es muy larga, como por ejemplo la

lectura tomada del libro *La Ciencia de la Tierra y el Espacio*, puede dividir la lectura por sub-temas entre dos o tres grupos. Los estudiantes deberán hacer un resumen de la lectura asignada para compartirlo con la clase. Provea un bosquejo sencillo para ayudar al grupo cooperativo a organizar la información obtenida. En el manual del estudiante se presenta el modelo de un bosquejo pero el maestro, si lo desea, puede hacer un bosquejo más o menos detallado para cada lectura. Ver Manual del Estudiante, Actividad 20: *Sobre las Rocas*, para ejemplo.

3. Luego que los estudiantes hayan finalizado las lecturas y completado el bosquejo, visite cada grupo cooperativo y coteje los bosquejos sugiriendo cambios o adiciones según sea necesario. Permita que los grupos presenten sus bosquejos. Exhorte a la clase a que añadan a sus bosquejos información nueva traída por otros grupos.
4. Pida a sus estudiantes que utilicen el bosquejo que hicieron para contestar las siguientes preguntas. Permita que los estudiantes contesten las preguntas trabajando en grupos cooperativos. Provea tiempo para que los diferentes grupos compartan y comparen las respuestas a las preguntas.
 - ¿En qué dos grupos grandes pueden clasificarse las rocas sedimentarias?
 - ¿Cuál es la diferencia entre una roca clástica y una no-clástica?
 - ¿Cuál es la diferencia entre un conglomerado, una brecha y una arenisca?
 - Describe lo que sucede en el proceso de compactación.
 - Describe lo que sucede en el proceso de cementación.

MI ROCA “S” ENTRE OTRAS ROCAS

Introducción:

Esta actividad provee para que los estudiantes observen varias muestras de rocas sedimentarias y las clasifiquen en rocas clásticas o no-clásticas. Los estudiantes tendrán la oportunidad de utilizar algunas de las rocas que prepararon en actividades anteriores para establecer comparaciones entre las muestras reales y el modelo de roca creados por ellos.

Tiempo: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Compararán el proceso de formación de las rocas con el modelo creado.
2. Observarán muestras de rocas sedimentarias.
3. Clasificarán las rocas sedimentarias observadas en clásticas o no- clásticas.

Concepto: Roca sedimentarias - clásticas y no-clásticas

Procesos: Observación, Clasificación, Formulación de modelos

Técnica de enseñanza: Laboratorio, Discusión

Materiales:

roca formada en la Actividad Menéalo (Tu Roca “S”)
roca formada en la Actividad Juntitos y Pegaditos (Tu Roca “S”)
colección de rocas
lupa
hoja de datos

Pasos pre-actividad:

Escoja del grupo de rocas (4) rocas sedimentarias, 2 clásticas y 2 no-clásticas. Deben ser rocas básicas que no envuelvan gran dificultad de explicación desde la perspectiva de su formación. Rocas que puedan ser descritas utilizando el conocimiento y nivel de sus estudiantes. Durante esta actividad, sus estudiantes usarán las rocas que hicieron en las actividades: *Menéalo* y *Juntitos y Pegaditos*.

Procedimiento:

1. Organice los grupos de trabajo cooperativo para llevar a cabo la actividad.
2. Mediante preguntas o utilizando los modelos creados por los estudiantes, repase brevemente como se formaron las rocas clásticas y las no-clásticas.
3. Distribuya las rocas por grupo. De no tener 4 rocas para cada grupo, puede reducir a dos rocas.
4. Los estudiantes deben incluir entre sus observaciones la textura, composición (partículas) de las rocas. Además puede añadir características cualitativas y cuantitativas de las muestras. Refiérase al Manual del Estudiante, Actividad 21: *Mi Roca “S” entre otras Rocas* para instrucciones.
5. Durante la discusión de los datos obtenidos se puede construir una tabla que contenga las características que describen las rocas. Ver tabla a continuación.
6. Se debe clarificar en la discusión, la formación del modelo de la roca, compararlo con el real y establecer las limitaciones del modelo.

Tabla de Datos: Mi roca “S” entre otras Rocas

Roca	¿Cómo es esta roca?	Similitudes con mi roca “S”	Diferencias con mi roca “S”
Roca “S”			
#1			
#2			
#3			
#4			

CONOCIENDO AL GRUPO “S”

Introducción:

La actividad *Conociendo al Grupo “S”* ofrece al estudiante la oportunidad de examinar diferentes muestras de rocas sedimentarias y observar sus características.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Identificarán y clasificarán rocas sedimentarias desde la perspectiva de su formación.

Concepto: Rocas sedimentarias

Procesos: Observación, Clasificación

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Discusión

Materiales:

“kits” de rocas
lupas
regla métrica

Procedimiento:

1. Fomente una discusión breve sobre las divisiones básicas de las rocas sedimentarias (clásticas y no clásticas) y sus características generales.
2. Presente ejemplares de algunas rocas y sus respectivos nombres utilizando los “kits” de rocas sedimentarias. Ofrezca a cada grupo cooperativo uno de los “kits” y una lupa.
3. Pida a los estudiantes que enumeren las muestras de roca para facilitar su identificación, o el maestro puede asignarle previamente un número a cada muestra que van a utilizar. Instruya a sus estudiantes para que utilicen la lupa para observar detenidamente las muestras provistas. Los estudiantes pueden hacer dibujos de algunas de las rocas enfatizando sus características e identificándolas por sus nombres. Pida a sus estudiantes que utilicen la tabla: Clasificación de Rocas Sedimentarias que aparece en el Manual del Estudiante o la que aparece en el trasfondo para el maestro en esta sección, para ayudarles en el

proceso de identificación y clasificación. Escoja rocas fáciles de identificar y clasificar.

Nota al maestro (a):

Algunas referencias clasifican las rocas en: **clásticas, no-clásticas y rocas químicas**. Las dos referencias principales utilizadas en este bloque corresponde (Descubrimiento 9 y Las Ciencias de la Tierra y el Espacio) utilizan solamente la clasificación de clástica y no-clásticas- incluyendo en el grupo de las no- clásticas las químicas, que son formadas básicamente por minerales. Ejemplos de rocas químicas incluyen: halita, yeso, calcita, dolomita, y cuarzo. Para simplificar el proceso en este nivel se recomienda que se utilicen la clasificación de clástica y no-clásticas.

4. Distribuya entre los grupos cooperativos los “kits” de rocas sedimentarias y los demás materiales. Escoja rocas que sean fáciles de identificar Motive a los estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 21: *Conociendo al Grupo “S”*, que aparece en el Manual del Estudiante.
5. Finalizada la actividad, provea tiempo para que los diferentes grupos comparen y discutan la clasificación que han hecho.

UNA ROCA “S” NOS CUENTA SOBRE EL PASADO

Introducción:

La actividad *Una roca “S” nos cuenta sobre el pasado* presenta el tema de los fósiles y cómo éstos constituyen un récord de la vida prehistórica de nuestro planeta. Muchos fósiles, especialmente los de animales marinos, frecuentemente se encuentran en las rocas sedimentarias.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Identificarán y describirán lo que es un fósil.
2. Explicarán como las rocas sedimentarias nos ofrecen información del pasado.

Concepto: Fósil

Procesos: Observación, Formulación de inferencias, Predicción, Formulación de modelos

Técnicas de enseñanza: Discusión, Demostración, Laboratorio, Lectura

Materiales:

vasos de papel
arena seca
agua
yeso
fragmentos de rocas
gravilla (redonda)
gravilla (puntiaguda)
sulfato férrico (FeSO_4)
sulfato de amonio férrico (FeNH_4SO_4)
caracoles
hojas secas
hojas verdes
troncos pequeños de árboles
huesos
vaselina

Procedimiento:

1. Consiga rocas que contengan fósiles (puede conseguir muestras de roca caliza en las autopistas que están en construcción o en los “kits” comerciales) y preséntelas a sus estudiantes. A modo de **exploración**, sugerimos las siguientes preguntas para iniciar la discusión; no obstante, las preguntas formuladas dependerán de las muestras que tenga disponible.
 - ¿Dónde creen se encontraron estas rocas? ¿Por qué?
 - ¿Puedes identificar restos de organismos incrustados en la roca?
 - ¿Puedes observar impresiones o huellas en las rocas?
 - ¿Cómo podría explicarse la presencia de organismos o impresiones en la roca?
 - ¿Cómo se llaman los restos de estos organismos o la impresión que dejan los mismos en las rocas?
 - ¿Cuál es la importancia que tienen los fósiles?
2. Exhorte a los estudiantes a que lleven a cabo la Actividad 23: *Una roca “S” nos cuenta sobre el pasado*, que aparece en el Manual del Estudiante. En esta actividad, los estudiantes diseñarán y formarán un fósil de su propia imaginación utilizando los conceptos y procedimientos aprendidos en la formación de rocas sedimentarias. Luego narrarán o harán un dibujo en el cual el fósil explicaría a la persona que lo encontró, los eventos que ocurrieron cuando éste se formó. (Ver Manual del Estudiante para instrucciones). Ver **Apéndice 7** para ejemplo de actividad para la formación de fósiles.

Nota al maestro (a):

Si los estudiantes utilizan yeso para hacer un fósil de impresión o de molde, la remoción del objeto se hará más fácil si antes de colocar el objeto en el yeso lo cubre con una capa fina de **vaselina**.

3. Fomente una discusión de los procedimientos y diseños utilizados por los estudiantes en la creación de sus fósiles. Es importante que estudie con detenimiento el marco conceptual que los estudiantes utilizaron en la explicación de la formación de éstos, para diagnosticar si hay conceptos erróneos.
4. Instruya a los estudiantes para que contesten individualmente la pregunta que aparece al final de la Actividad 23 y luego permita que éstos discutan su respuesta con su grupo cooperativo y con la clase en pleno.

Pregunta:

Un estudiante explora las montañas del pueblo de Ciales y encuentra fósiles marinos en las mismas. Explica la presencia de fósiles marinos en ese lugar.

5. Asigne para la casa (o llévela a cabo en el salón) una lectura sobre fósiles. Sugerimos las siguientes: Los fósiles y la geología (pág. 62), *Descubrimiento 9-* Ediciones Santillana y Las rocas sedimentarias (págs, 127- 128), *La Ciencia de la Tierra y el Espacio- Merrill* o cualquier otra lectura que tenga disponible sobre el tema y que esté al nivel de los estudiantes. Si tiene facilidades para el uso del internet, puede conseguir, o asignar a los estudiantes que tengan acceso a esta tecnología, que busquen información y utilizar ese material como otra fuente de lectura.

V. Bloque: Rocas Metamórficas

Trasfondo para el Maestro

El metamorfismo y las rocas metamórficas

A. Metamorfismo

Las rocas dentro de la Tierra cambian cuando son sometidas a condiciones muy diferentes a las condiciones bajo las cuales se formaron; a este cambio se le llama **metamorfismo**. El metamorfismo envuelve cambios en estado sólido que ocurren dentro de la Tierra. Cambios en estado sólido significa que ocurren sin que las rocas se derritan ni se disuelvan y dentro de la Tierra significa que no son productos de procesos de meteorización ni de formación de suelos. El metamorfismo es causado por tres **agentes**; tres actividades en el ambiente de la roca: cambios en la temperatura, cambios en la presión y circulación de soluciones ricas en iones disueltos. La mayoría de las sustancias se expanden cuando sube la **temperatura**; los iones se liberan y se mueven debilitando los enlaces, en algunos casos migrando hasta crear nuevos minerales.

El efecto de la **presión** es totalmente opuesto al del calor. Cuando la presión aumenta obliga a los iones a estar más unidos. El resultado es la ruptura de algunos enlaces y el rearrreglo de los iones en estructuras más compactas. Existen dos tipos de presión y cada una rinde resultados diferentes. **Presión litostática** es la que se ejerce en las rocas cuando éstas son enterradas a profundidad, mientras aumenta la profundidad aumenta la presión. Esta es igual en todas direcciones, por lo tanto puede cambiar el volumen de una roca pero no puede aplanarla. La fuerza responsable de esta presión es la gravedad de la Tierra y la gradiente geobárica de la presión litostática es de 3.3 km/kb. La **presión dirigida** es diferente a la litostática porque es mayor en algunas direcciones que en otras y puede deformar y aplanar las rocas. Esta no es producto exclusivo de la gravedad sino que es producida por fuerzas tectónicas también.

Aquellas soluciones que contienen grandes cantidades de iones disueltos se llaman **fluidos químicamente activos**. Algunas son soluciones hidrotermales derivadas de magmas en enfriamiento, otros son fluidos que escapan durante metamorfismo en la corteza profunda. Los cambios en temperatura y presión alteran el ambiente físico en las rocas mientras que los fluidos químicamente activos alteran el ambiente químico de estas, causando que se formen minerales que no se podrían formar de otra manera.

Tipos de metamorfismo

Existen varios tipos de metamorfismo, caracterizado por condiciones especiales y rindiendo un producto distinto. Todo tipo de metamorfismo incluye a los tres agentes, pero en algunos tipos un agente domina a otro. Dependiendo de la manera en que estos agentes actúan, los tipos de metamorfismo se clasifican en:

- a. **De contacto (termal)**- cambios mineralógicos y de textura que ocurren cerca de una fuente de calor como un magma, mientras éste emana calor. La intensidad del metamorfismo disminuye según nos alejamos de la fuente de calor.
- b. **De entierro**- es producido casi en su totalidad por la presión litostática causada por rocas que son depositadas encima de otras. Envuelve un poco de calor porque las capas nuevas aíslan a las existentes pero domina la presión. La intensidad aumenta con la profundidad y con la densidad de las rocas suprayacentes.
- c. **Dinámico**- ocurre en las fallas cuando dos bloques de roca se mueven uno relativo al otro moliéndose a su paso, como resultado de presión dirigida, aunque el calor causado por la fricción entre los bloques está presente. La intensidad disminuye rápidamente lejos de la zona de falla.
- d. **Metasomatismo**- es causado por los fluidos químicamente activos cuando estos añaden grandes cantidades de cationes como K⁺ y Na⁺ a las rocas.
- e. **Regional**- una combinación de los tres agentes a gran escala causan cambios mayores. Es típico en las placas convergentes y sus efectos son mayores en las partes profundas y más intensamente deformadas del área afectada.
- f. **De impacto**- es el más raro de todos los tipos y ocurre cuando un meteorito choca con la superficie de la Tierra. La energía cinética del meteorito se convierte en calor y cantidades enormes de presión dirigida aumentan en el momento del impacto.

Los rasgos de las rocas sedimentarias e ígneas: textura, composición química y mineralogía pueden cambiar durante el metamorfismo. La cantidad de cambio dependerá de: a) la intensidad de los agentes metamórficos, b) la duración del metamorfismo y c) el tipo de roca comprendido; las rocas compuestas de minerales más estables se afectarán menos que otras con minerales que se deforman con facilidad. Hay dos tipos de grados de metamorfismo: de **baja temperatura, poca intensidad** y de **alta temperatura**. Las rocas metamórficas de baja temperatura retienen muchos de sus rasgos originales. A las características de la roca madre que permanecen en la roca metamórfica se les llama **rasgos reliquia**. Las rocas metamórficas de alta temperatura han perdido casi todos sus rasgos originales y no se parecen en nada a la roca madre.

B. Rocas metamórficas

La clave para la historia de las rocas metamórficas es su textura y mineralogía, **Figura 7**. A medida que la intensidad del metamorfismo aumenta ocurren cambios en el tamaño, la forma y la orientación de los granos, causados por procesos de reorientación y de recristalización. Durante la **recristalización**, los granos de la roca original cambian en tamaño y forma cuando el calor causa la migración de los iones de sus posiciones originales a nuevos cristales semilla, destruyendo casi totalmente la textura original de la roca. En la **reorientación**, los minerales cambian de posición, generalmente realineándose como reacción a la presión dirigida.

Figura 7 Clasificación de las Rocas Metamórficas

TEXTURA	COMPOSICION		
	Aluminosa (lutítica)	Calcárea	Máfica Cuarzo-feldespática
Foliada	Pizarra, Filita, Esquistos	Esquistos calcáreos	Esquistos verdes Esquistos de hornablenda
Foliada y en capas	Gneis	Gneis calco-silíceo	Gneis máfico
No Foliada	Granofels	Mármol	Piedra verde Anfibolita Granofels máfico
<p>Hornfels, si son definitivamente el producto de metamorfismo de contacto</p>			

Tomado de Allan Ludman, *Laboratory Exercises in Physical Geology*, Copyright © 1993 Wm. C. Brown Communications, Inc. Reproducido con permiso de Times Mirror Higher Education Group, Inc., Dubuque, Iowa. Derechos Reservados.

Tamaño de grano y forma

Durante la mayoría de los tipos de metamorfismo el tamaño de grano aumenta. Inclusive algunos minerales pueden crecer mucho más grandes que otros, ya sea porque los iones no tuvieron que viajar distancias o porque migran más fácilmente que otros. La textura que resulta se llama **porfidoblástica** y a los granos grandes se les llama **porfidoblastos**. En el caso de metamorfismo dinámico el tamaño de los granos disminuye a menudo porque las rocas son molidas en las zonas cercanas a la falla. En casos más extremos en las fallas, los granos a veces son aplastados y estirados resultando en la textura **milonítica**.

Orientación preferida

Cuando los granos son expuestos a presiones dirigidas, éstos se reorientan en una de dos maneras dependiendo de su forma original. **Lineación** es la alineación paralela de granos bastinoformes como cristales de anfíbol y feldespatos de plagioclasa. **Foliación** es el nombre del alineamiento de minerales como hojas de las micas o de minerales que han sido aplastados. Las presiones dirigidas causan que los minerales o clastos roten y se alineen, los minerales escamosos y tabulares cambian de posición hasta estar perpendiculares a la presión dirigida mayor. Cuando la foliación ocurre en minerales como moscovita o biotita se le llama **esquistosidad**. Cuando la foliación está bien desarrollada es evidencia de presiones fuertes sugiriendo metamorfismo regional o dinámico. En el metamorfismo de contacto no se encuentran rocas con estas texturas porque no hay presiones dirigidas.

Orientación al azar

Cuando las rocas no son producto de presiones dirigidas forman otro tipo de texturas. Cuando los minerales están orientados al azar, sin alineamiento, exhiben una textura **granoblástica**; a la roca con dicha textura se le llama **granofels**.

La **gneisoidad** es una combinación de ambas texturas; capas de material con textura granoblástica y capas de material foliado. Está caracterizado por capas alternas de material claro y de material oscuro. Las capas de material foliado por lo general son las oscuras. Las rocas que exhiben esta textura son los **gneises**.

Minerales metamórficos y los factores que controlan su presencia en las rocas

La presencia de minerales en una roca metamórfica está controlada por dos factores de igual importancia: a) la composición de la roca madre (protolito) y la intensidad del agente metamórfico. La **composición del protolito** va a determinar la composición de la roca porque esta provee los iones que pueden participar en la formación de nuevos minerales.

Las rocas metamórficas se dividen en cuatro grupos a base de su composición:

- a. **pelíticas**- las que contienen gran cantidad de minerales de arcilla (clásticas)
- b. **calcáreas**- alto contenido de calcio, calizas y dolomitas.
- c. **máficas**- originalmente basaltos y gabros con alto contenido de minerales ferromagnesianos y plagioclasa de calcio.
- d. **cuarzo-feldespática**- ígneas félsicas o sedimentarias con alto contenido de feldespato y cuarzo.

La **intensidad metamórfica** determina la composición por lo que la mineralogía cambia a medida que progresa el metamorfismo de baja a alta temperatura. En cada etapa del metamorfismo los minerales presentes son los más estables.

C. Tipos de rocas metamórficas

Las rocas metamórficas se clasifican a base de su textura y mineralogía, en muchos casos el nombre también refleja el grado o el tipo de metamorfismo. Por ejemplo las **migmatitas** son rocas de altas temperaturas que son mezclas de la fusión parcial y de roca metamórfica residual. **Milonitas** son aquellas con textura miloníticas sin importar su composición. **Hornfels** es una roca producto del metamorfismo de contacto, es densa, granoblástica de grano fino, sin importar su composición o grado. Es preferible utilizar el término **granofels** por que no especifica el tipo de metamorfismo. Durante el metamorfismo progresivo cada uno de los cuatro grupos está expuesto a una serie de cambios que es particular de cada grupo. A continuación se discutirá brevemente el metamorfismo de dos de estos grupos y las rocas resultantes.

Metamorfismo de las rocas pelíticas

Empezamos con una **lutita**. Durante las etapas tempranas de metamorfismo regional y de entierro, la presión completa la compactación que empezara durante la sedimentación. Los poros se encierran y los minerales escamosos se alinean, resultando en la **pizarra**. A medida que aumenta la intensidad, las arcillas sufren deshidratación, produciendo hojuelas de moscovita y clorita. La foliación de estas resultan en una superficie brillante en la que los minerales son bien pequeños; las rocas con esta textura y mineralogía son **filitas**. A grados aún más altos, el tamaño de los granos aumenta y la biotita reemplaza a la clorita por reacciones mineralógicas resultando en una roca rica en micas, fuertemente foliada y de grano grueso llamada **esquisto**.

Si el metamorfismo continúa se producen **porfidoblastos**, si las temperaturas son bien altas se desarrollan las bandas características de un **gneis** donde cuarzo y feldespato se segregan en las bandas de color claro y las micas en las bandas de color oscuro. Si no se forman las capas entonces se forma una roca **granoblástica** compuesta de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, y minerales ricos en aluminio como el granate y sillimanita.

Metamorfismo de rocas máficas

Empezamos con una combinación de basalto entrelazado con capas de rocas sedimentarias. En las primeras etapas el agua derivada de la deshidratación de las rocas sedimentarias se combina con los minerales en el basalto (piroxeno, olivina, plagioclasa), formando actinolita, epidote y clorita. Estos minerales son verdes menos el feldespato, entonces el basalto metamorfizado a baja temperatura se llama **piedra verde** si es granoblástica y **esquisto verde** si es foliada. A medida que progresan los grados metamórficos se forma hornablenda del epidote, la actinolita y la clorita y se forman las **anfíbolitas** si son granoblásticas y si son foliadas **esquistos de hornablenda**. Más adelante en el proceso la hornablenda se convierte en piroxeno resultando un **granofels de piroxeno** (granoblástico) con una composición bien similar a la del protolito basáltico, si está foliado es **gneis máfico**.

El metamorfismo y las placas tectónicas

La mayoría de los tipos de metamorfismo se encuentran en cualquier parte del mundo, con la excepción del metamorfismo regional. Este metamorfismo comprende eventos a tan gran escala, que requiere fuerzas de magnitud a gran escala comparable a las esperadas de la colisión entre placas tectónicas. Rocas producidas por el metamorfismo regional se encuentran en todos los continentes, pero escasean en los océanos; indicando que los procesos que ocurren en los océanos son diferentes a los de los continentes. Este tipo de metamorfismo es justificado por la colisión de placas. En las zonas de subducción se cumplen todos los factores. Se puede decir entonces que el modelo de las placas tectónicas explica satisfactoriamente la localización del metamorfismo regional de los océanos.

D. El metamorfismo y los recursos naturales

Las rocas metamórficas más utilizadas son el **mármol** y la **pizarra**. El mármol se usa en escultura y como piedra decorativa. La pizarra se usa como material para techar edificios y hasta no hace mucho se usaba en las pizarras del salón de clases. Minerales metamórficos derivados de casi todos los grados y rocas metamórficas son de mucha utilidad, ejemplos son el **grafito** para lápices, el **corundón** como abrasivo y gemas (rubí y zafiro). El Metasomatismo es importante en la formación de **yacimientos metálicos**.

En Puerto Rico, las rocas metamórficas son menos abundantes que las ígneas y las sedimentarias. Algunas de éstas son:

1. **Mármol**- crema y blanco en Juana Díaz, negro en barranquitas, Lajas, Las Marías y Aguas Buenas, rojo a la salida de Río Piedras, grisáceo y jaspeado en Coamo y Guaynabo.
2. **Serpentinita**- tiene finos granos verdes, a menudo manchada o vetada con manchas oscuras-se encuentra en las montañas desde el Cerro Las Mesas en Mayagüez hasta Sabana Grande.
3. **Cuarcita**- gris o rojiza en el Cerro La Tiza entre Comerío y Aguas Buenas. Para facilitar su trabajo se han descrito o definido algunos términos, pero recuerde que no debe usarlos para que el estudiante los aprenda de memoria.

SE PARECE, NO SE PARECE

Introducción:

En esta actividad el estudiante investigará las semejanzas que tienen algunas rocas metamórficas con las rocas ígneas o las sedimentarias. Comparará cada par de rocas semejantes e investigará las diferencias.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Describirán las semejanzas y diferencias entre las rocas metamórficas de acuerdo a su origen (sedimentario o ígneo).

Concepto: Roca metamórfica, Roca sedimentaria, Roca ígnea

Procesos: Observación, Clasificación, Comunicación, Formulación de Inferencias

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Trabajo cooperativo

Materiales (por grupo cooperativo):

- 1 colección de rocas sedimentarias (grupo 1)
- 1 colección de rocas ígneas (grupo 2)
- 1 colección de rocas metamórficas (grupo 3)
- 1 lupa
- 4 hojas de datos

Procedimiento:

Nota al maestro (a): Sugerimos repase la información provista en el Trasfondo Para el Maestro en esta sección. La misma le ayudará a tener un conocimiento más profundo sobre el tema bajo discusión. Este trasfondo está escrito para el maestro, no para el estudiante y contiene mucha más información (y conceptos) de la que se espera que desarrolle con sus estudiantes.

1. En la pizarra o en una transparencia dibuje dos columnas. Rotule la primera columna con el título *Rocas Sedimentarias* y la segunda rotúlela *Rocas Ígneas*. Distribuya entre los grupos cooperativos muestras de rocas sedimentarias (sugerimos conglomerado, brecha y arenisca) y muestras de rocas ígneas (sugerimos granito, gabro, obsidiana, y riolita). Exhorte a sus estudiantes a describirlas en detalle. Según los estudiantes van haciendo las descripciones, anótelas en las columnas apropiadas. Luego genere una discusión entorno a las

semejanzas y diferencias entre ambas rocas. Finalizada la discusión recoja las muestras.

2. (a) Analice con sus estudiantes la tabla 7-1 *Las rocas sedimentarias* que aparece en la página 131 del libro *La Ciencia de la Tierra y el Espacio* y en el **Apéndice 8**. Solicite a sus estudiantes que comparen las descripciones que aparecen en la tabla con las efectuadas por los estudiantes en la actividad inicial. Recoja las muestras de rocas sedimentarias, dejando solamente las rocas ígneas que serán utilizadas en la actividad descrita a continuación.

(b) Exhorte a sus estudiantes a que lleven a cabo la actividad *¿Quién soy?* Esta actividad ayuda al estudiante a repasar los criterios para la clasificación de rocas ígneas utilizando las características de color (claro u oscuro) y tamaño de los cristales. Al finalizar la actividad recoja las muestras. Refiérase al manual del Estudiante para la actividad.
3. Distribuya la colección de rocas sedimentarias (grupo 1) y la colección de rocas metamórficas (grupo 3) para que sus estudiantes observen y anoten semejanzas y diferencias en la tabla de datos encontrada en la Actividad 24: *¿Se parece – no se parece?* en el Manual del Estudiante.
4. Recoja el grupo 1 de rocas y distribuya la colección de rocas ígneas (grupo 2) para que observen y anoten semejanzas y diferencias. Ver la Actividad 23.
5. Provea tiempo para que sus estudiantes contesten las preguntas 5 y 6.
6. Discuta con el grupo en pleno, las contestaciones ofrecidas por los diferentes grupos cooperativos.

PÍBALO

Introducción:

El estudiante relacionará el efecto de ejercer presión sobre su modelo (en cuanto a la reorganización de los sujetos papeles), con los cambios que pueden darse en una roca enterrada a grandes profundidades. En la roca, los minerales se reordenan en capas paralelas semejante a los sujetos papeles.

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Construirán un modelo de una roca (metamórfica foliada)
2. Observarán la reordenación de los sujetos papeles (cristales)
3. Inferirán el efecto del calor y de la presión en la transformación de una roca en capas paralelas debido a la presión.

Concepto: Reordenación de cristales

Procesos: Observación, Medición, Formulación de inferencias, Interpretación de datos, Formulación de modelos.

Técnicas de enseñanza sugeridas: Laboratorio, Grupos cooperativos.

Materiales: (por equipo):

¼ caja de plasticina o arcilla húmeda (para facilitar que se alineen los “cristales”) 2 hojas de papel de cera.

Sujeta papeles (preferiblemente de colores)

Un libro pesado

4 reglas

Procedimiento:

1. Exhorte a los estudiantes a que lleven a cabo la Actividad 25: ¡Píbalo!. Refiérase al Manual del Estudiante para las instrucciones a seguir.

Nota: Indique a los estudiantes que en el modelo que van a construir, los sujetapapeles representan los minerales dentro de la roca. Es importante que el estudiante coloque los sujetapapeles sin abrir, a un ángulo distinto al del libro, de modo que tiendan a alinearse cuando se les aplique presión. Pueden sustituir palillos de dientes, partidos por la mitad, en vez de los sujetos papeles.

2. Discuta con sus estudiantes las contestaciones que ellos han dado a las preguntas de la actividad, tratando de que comprendan como se da el proceso de transformación de la roca.
3. Pida a sus estudiantes que busquen el significado de la palabra **metamorfosis** para el día siguiente.

ROCAS DE OTRAS ROCAS

Introducción:

En esta actividad los estudiantes contestarán las siguientes preguntas:

¿Qué es metamorfosis?

¿Qué sucede durante la metamorfosis de las mariposas?

¿Puedes asociar la metamorfosis de las mariposas con la metamorfosis de las rocas?

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Definirán operacionalmente: metamorfosis y roca metamórfica.
2. Describirán los factores que causan la transformación (metamorfosis) de las rocas.
3. Explicarán la clasificación de rocas metamórficas en foliadas y no-foliadas.
4. Explicarán de dónde proviene el calor que ayuda a transformar las rocas.

Conceptos: Metamorfosis, Roca metamórfica, Rocas foliadas, Rocas no-foliadas

Procesos: Observación, Comunicación, Clasificación

Técnica de enseñanza sugerida: Discusión, Grupos de expertos

Materiales:

Lecturas:

La Ciencia de la Tierra y el Espacio: págs. 109-115

Descubrimiento 9: pág. 63

Manual del Estudiante- Las rocas que forman otras rocas

Otras lecturas seleccionadas por el(la) maestro(a)

Muestras de rocas metamórficas

Transparencias o láminas de rocas metamórficas

Procedimiento:

1. Escriba la palabra *metamorfosis* en la pizarra. Comience la clase utilizando las definiciones de la palabra *metamorfosis* que sus estudiantes traerán como parte de su asignación. Sugerimos las siguientes preguntas como guía para la discusión.
2. Divida la clase en grupos de expertos. Asigne a cada grupo una lectura. Informe a los estudiantes que harán la lectura dos veces. La primera vez harán una lectura rápida; la segunda vez harán tres preguntas sobre lo que han leído y copiarán cada pregunta en una tarjeta o en un papel. Diga a los estudiantes que al finalizar la actividad, intercambiarán sus preguntas con los otros grupos de expertos para que éstos las contesten. Añada que usted también hará preguntas para distribuir las entre los grupos.* Exhorte a sus estudiantes a que utilicen las muestras de las rocas, láminas o dibujos cuando le toque a su grupo de expertos contestar las preguntas.

*Sugerimos las siguientes preguntas:

- ¿Qué le sucede a las rocas enterradas a grandes profundidades?
- ¿Por qué los minerales de las rocas ígneas y de las rocas metamórficas pueden ser los mismos?
- ¿Cuál es la diferencia entre una roca foliada y una no-foliada?
- ¿De dónde provienen las altas temperaturas que se requiere para producir reacciones químicas y hacer que los minerales originales se cristalicen en otros distintos?
- Mencione dos factores principales que se observan en la transformación de las rocas.

Nota: Si la lectura es muy extensa puede dividirla en secciones de acuerdo al tema desarrollado. Distribuya muestras de rocas metamórficas a cada grupo para que hagan referencia a la misma mientras llevan a cabo la lectura asignada y cuando discutan las contestaciones a las preguntas.

3. Provea tiempo para que cada grupo de expertos presente las contestaciones a las preguntas hechas en el intercambio. Si hay preguntas repetidas, lo que es muy probable, pida a los grupos que tienen esas preguntas que lleguen a un consenso en cuanto a las contestaciones. Durante la discusión esté atento a los conceptos falsos que puedan tener los estudiantes en cuanto a los conceptos presentados en las lecturas.

CONOCIENDO AL GRUPO “M”

Introducción:

Los estudiantes agruparán las rocas metamórficas en foliadas y no foliadas. Trate de obtener fotografías o diapositivas que ilustren cada grupo. Si tiene especímenes de rocas metamórficas grandes éste sería un buen momento para mostrarlas y discutir con sus estudiantes si tienen más de un mineral, y si estos están expuestos en capas o bandas.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Clasificarán las rocas metamórficas en foliadas y no foliadas.
2. Dibujarán las rocas foliadas y no foliadas en la hoja de datos.
3. Identificarán los dibujos con el nombre de cada roca.

Conceptos: Rocas metamórficas foliadas, Rocas metamórficas no foliadas

Procesos: Comunicación, Observación, Clasificación

Técnica de enseñanza sugerida: Laboratorio, Discusión, Grupos cooperativos

Materiales: (por cada grupo cooperativo)

- 1 conjunto de rocas metamórficas
- 2 lupas
- 4 reglas
- lápices de colores

Procedimiento:

1. Utilice una roca metamórfica grande, láminas de libros (ej. Ciencia de la Tierra y del Espacio; pág. 113-114), u otro recurso visual, para repasar las características que distinguen las rocas que son foliadas de las no foliadas.

2. Divida a la clase en grupos cooperativos. Si no tiene suficientes colecciones de rocas metamórficas distribuya las rocas que tenga y rótelas de grupo en grupo. Sugerimos utilice las siguientes muestras de su colección de rocas.

Foliadas: pizarra, esquisto, gneis

No foliadas: mármol, cuarcita, serpentina

En el Manual del estudiante aparece una lista con las descripciones de estas rocas con su nombre para ayudar al estudiante en su identificación

3. Motive a sus estudiantes para que lleven a cabo la Actividad 26: *Conociendo al Grupo "M"*. Refiérase al manual del Estudiante para el procedimiento.
4. Motive a sus estudiantes para que recojan muestras de roca de aproximadamente 10 cm de ancho, en el área donde viven (o cuando salen de viaje a otro pueblo) y las traigan al salón. Pídale que clasifiquen las muestras y preparen una exhibición. Al frente de cada muestra deben colocar una muestra con la siguiente información:

Lugar donde se encontró la roca (nombre del pueblo, sector)

Fecha en la que se recogió la roca

Cómo se formó la roca

Dónde se forma la roca

Qué minerales se encuentran en la roca

5. Exhorte a sus estudiantes a que busquen información sobre los yacimientos de mármol en Puerto Rico y que presenten un informe oral y escrito sobre los diversos usos que se le da al mármol en la Isla.
6. Asigne a los estudiantes que busquen información en la biblioteca escolar sobre el uso de las rocas en el arte y la arquitectura. En el libro *Descubrimiento 9*, pág. 66, aparece un artículo dedicado a ese tema. Coordine con la(el) bibliotecaria(o) escolar esta actividad. Dedique un tiempo para que los estudiantes presenten la información obtenida.

TE PRESENTO A MI ROCA

Introducción:

La actividad destaca la formación de la roca metamórfica que el estudiante seleccione mediante un dibujo que está observando, y otro dibujo de cómo sería antes del cambio.

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Dibujarán una roca (antes y después de transformarse en roca metamórfica).
2. Describirán la formación de la roca metamórfica.
3. Identificarán la roca original (sedimentaria o ígnea) de donde procede la roca metamórfica.

Conceptos: Roca metamórfica, Transformación/cambio

Procesos: Observación, Comunicación, Formulación de inferencias

Materiales:

1 roca metamórfica
1 lupa
guía del estudiante
lápices de colores

Procedimiento:

1. Permita al estudiante escoger una roca básica del conjunto de rocas metamórficas para que la observe con la lupa y la dibuje.
2. Trate de encender la chispa de la imaginación dirigiendo al estudiante a lograr unas analogías mediante la formulación de preguntas tales como:
 - a. ¿Cómo describes a Mi roca?
 - b. ¿A qué cosa viva o no viva se parece?
 - c. ¿Si tú fueras la analogía de la pregunta b: ¿dónde estarías?, qué harías,
 - d. ¿Cómo te sentirías?

Nota al maestro (a):

Tanto la respuesta a la pregunta d, como la escritura del párrafo deben evidenciar que el estudiante entiende el proceso de transformación que sufre una roca metamórfica.

3. Repase brevemente las reglas de escritura de párrafo si lo estima necesario.
4. Motive al estudiante para que lleve a cabo la Actividad 27: *Te presento a Mi Roca*. Vea Manual del Estudiante para el procedimiento. Si está corto de tiempo, permita que el estudiante escriba el párrafo en su hogar. Recuerde recoger todas las rocas antes de que los estudiantes salgan del salón de clase.

EL CICLO DE LAS ROCAS (I)

Introducción:

La Actividad: *El Ciclo de las Rocas*, presenta como la naturaleza “recicla” las rocas que componen la corteza terrestre mediante un proceso de transformación continuo, resultado de la acciones que se originan en el interior de nuestro planeta Tierra. La materia de la corteza terrestre puede cambiar de una forma a otra; pero durante ese cambio no hay pérdida de materia considerable.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Conceptos: Ciclo, Ciclo de las rocas

Procesos: Comunicación, Observación

Técnica de Enseñanza sugerida: Discusión, Trabajo cooperativo

Materiales:

marcadores o creyones a colores
papel de estraza
película: El Ciclo de las Rocas

Procedimiento:

1. Mediante preguntas, explore con sus estudiantes lo que entienden por la palabra *ciclo*. Pídales que mencionen ejemplos de eventos cíclicos y pregúnteles por qué los consideran cíclicos.
2. Divida a sus estudiantes en grupos cooperativos. Distribuya a cada grupo marcadores a color y un pedoro de papel de estraza de un metro de largo. Escriba en la pizarra o en una cartulina la frase: *Ciclo de las Rocas*.
 - a. Pida a los estudiantes que dibujen o hagan un diagrama en el que ilustren lo que es para ellos el ciclo de las rocas. Para refrescar la memoria del estudiante, sugiérale que den un vistazo rápido a las actividades que han llevado a cabo y que tienen en su Manual del Estudiante. Visite cada grupo cooperativo y esté atento/a a que los estudiantes estén incluyendo en su ilustración o diagrama los proceso involucrados en el ciclo de las rocas tales como erosión, deposición, calor y presión, cristalización y enfriamiento.
 - b. Permita que cada grupo presente su trabajo. Luego solicite a los grupos que comparen la información ofrecida en la transparencia (o diagrama) sobre el ciclo de las rocas que usted presentará con la que ellos han

preparado. ¿En qué se parecen? ¿En qué son diferentes? Recuerde que la explicación del ciclo de la roca ofrecida por los estudiantes puede comenzar en cualquier punto del ciclo. Por ejemplo: un estudiante puede comenzar explicando el ciclo con la erosión de la roca sedimentaria; mientras que otro puede comenzar con la erosión de la roca ígnea. Ver **Apéndice 9** para el diagrama del ciclo de las rocas.

EL CICLO DE LAS ROCAS (II)

Introducción:

La película, *El Ciclo de las Rocas*, de Británica Films, examina los procesos geofísicos mediante los cuales los materiales de la Tierra se forman y se alteran. Además, brinda al estudiante una visión general de procesos que pueden tardar millones de años, y provee cohesión a las actividades de este bloque. En la película se identifican las rocas ígneas, sedimentarias y metamórfica y se describe cómo éstas son afectadas por la meteorización, la erosión, el calor y la presión. La película tiene una duración de 22 minutos y se ha editado en Español.

Tiempo sugerido: 50 minutos

Objetivos:

Luego de ver la película *EL Ciclo de las Rocas*, los estudiantes:

1. Describirán el ciclo de las rocas y los procesos involucrados en el mismo.
2. Identificarán el agua como agente clave en la meteorización y la erosión de las rocas.
3. Explicarán el significado del ciclo de las rocas como proceso geológico fundamental en la formación del planeta.

Materiales:

película: *El Ciclo de las Rocas*
proyector de películas de 16 mm

Procesos: Observación, Comunicación

Técnica de enseñanza: Discusión

Procedimiento:

1. Antes de presentar la película, refiérase a los dibujos y diagramas que hicieron sus estudiantes el día anterior. A modo de repaso pida a algunos de sus estudiantes que expliquen brevemente su dibujo o diagramas.
2. Divida a sus estudiantes en grupos cooperativos. Pida a cada grupo que durante la proyección de la película, tome nota de los aspectos presentados que más le interesen, o información nueva que se presentó en la misma. Luego de que hayan visto la película, permita que los estudiantes lean las notas tomadas y que de ese modo compartan la información con sus compañeros.

LAS ARENAS DE MI ISLA

Introducción:

Esta actividad ofrece la oportunidad de integrar varias disciplinas: ciencia, música, arte, español y estudios sociales utilizando la arena como tema integrador.

Tiempo sugerido: 100 minutos

Objetivos:

Los estudiantes:

1. Observarán que las arenas tienen diferentes características físicas y químicas.
2. Explicarán que los tipos de arena dependen de la clase de rocas que le dan origen.

Concepto: Arena

Procesos: Observación, Inferencia

Técnicas de enseñanza sugeridas: Laboratorio, Discusión

Materiales:

muestras de arenas de diferentes lugares (ríos, playas, arrecifes)
lupas
canción *Olas y Arena* de Silvia Rexach
marcadores de colores o creyones
vinagre blanco
imanes
platos plásticos desechables (pequeños)
regla métrica calibrada en mm
papel de filtro o de maquinilla
papel de estraza

Procedimiento:

1. Utilice la canción *Olas y Arena* de la autora puertorriqueña Silvia Rexach o cualquier otra pieza musical alusiva al tema para introducir la actividad. Si es posible consiga una grabación de la canción para que sus estudiantes la escuchen. Refiérase a la bibliografía que aparece al final de este bloque para sugerencias.
2. Divida a sus estudiantes en grupos cooperativos. Distribuya a cada grupo un pedazo de papel de estraza de un metro de largo y marcadores o creyones. Motíveles a dibujar un paisaje de playa. Cuando terminen, permita que los grupos

exhiban su trabajo y después genere una discusión de la importancia de proteger nuestras playas. Luego pregunte a sus estudiantes: ¿Cuál de los elementos de la playa sería más cómodo estudiar en el salón de clase?

3. Distribuya por lo menos tres muestras de arena a cada grupo. Adviértales que no deben mezclar las muestras y que al finalizar la actividad deberán colocarlas en el mismo envase del cual las sacaron. Exhorte a sus estudiantes a llevar a cabo la Actividad 28: *Las Arenas de Mi Isla*. Ver Manual del Estudiante para procedimiento.
4. Discuta con los estudiantes el ejercicio y las preguntas que aparecen al final del mismo. Provea una copia a cada grupo del documento: *Clases de Arenas de Puerto Rico*. Pida a los estudiantes que identifiquen en un mapa de Puerto Rico las áreas señaladas en el documento antes mencionado. Motive a sus estudiantes para que utilicen el documento para inferir de dónde pudieron provenir las muestras de arena que ellos observaron en esta actividad. Ver **Apéndice 10** para el documento *Clases de Arenas de Puerto Rico* por Leovigildo Vázquez Iñigo.

Notas al maestro (a):

*Adaptación de lección elaborada por la Prof. Lucy Pagán, Directora del Instituto 2000.

*En la página 65, del libro *Descubrimiento 9* (Santillana), aparece una actividad análoga titulada *¿Cómo varían en la forma, el origen y la composición química las arenas de diferentes lugares?*

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, José. (1998). *Descubrimiento 9*. Guaynabo: Ediciones Santillana.
- Alvarez, M. (1997). "Structura and Diversity of a Limestone Forest." *Acta Científica*, 11.
- Aregui, Antonio. (1990). *Ciencias Naturales*. Barcelona: oiks-tau, s.a.
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos: *Enseñando a Conservar el Suelo y el Agua*. Washington, D.C. 1999.
- DiSpezio, Michael. (1999). *Science Insights*. California: Scott Foresman Addison Wesley.
- Guía para la enseñanza de ciencia en el noveno grado*: Departamento de Educación de Puerto Rico. 1993. Merrill Publishing.
- Lugo, A. (1996). *Cartilla del agua para Puerto Rico*. *Acta Científica* 10 (1-3):1.
- Lugo, A. (1989). "Tropical Deforestation". *Acta Científica* 20, 113-117.
- Joslin, Paul. (1974). *Rock Cycle Model*. Illinois: Hubbard Scientific Company.
- Monell, Vanesa; González, Juan; Santos, Hernán. (1996). *Introducción a la Ciencia Terrestre*.
- Nuestro Ambiente: el aire, el agua y la tierra*: 1997. Editorial Cordillera, Inc.
- Padilla, Michael. (2000). *El agua de la Tierra*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Sutherland. (1985). *La Ciencia de la tierra y el espacio*. Ohio: Charles Merrill Publishing Company.
- Vázquez, Leovigildo. (1983). *Geología General de Puerto Rico, sus Rocas y sus Minerales*.
- Vázquez, Leovigildo. (1983). *Clases de Gemas de Puerto Rico*: Puerto Rico Corporación de Desarrollo de Recursos Minerales.

MATERIALES

Angels of the Sea: CD-Dan Gibson's Solitudes ® LTD. 1131^a leslie street, Suite 401, Toronto Canada m3c 318

Echoes of Nature-Ocean Waves: CD-LaserLight™ Delta Music Inc. Santa Mónica CA90404

El Maravilloso mundo de los cristales: CR ROM-Travesía de los océanos, 46 28760 Tres Cantos (Madrid) <http://www.interlink.es/Innova>

© Enciclopedia Multimedia *Minerales-Interactive* CD ROM (*versión en español*) Emblem Interactive, Inc. 1400S.W. 1st Street, Miami, Florida 33135

Las raíces del agua: Videocinta producida por los ciudadanos del Karso

© Smithsonian-Crystal Growing: "Kit" para cultivar cristales MCMXVI Natural Science Industries Ltd. West Hempestead, NY 11552. © 1996 Smithsonian Institution.

Terremotos y volcanes: CD ROM Travesía de los Océanos, 46. 28760 Tres Cantos (Madrid) <http://www.interlink.es/Innova>



Realtime Streamflow Data for Puerto Rico

Updated Mon May 14, 2001 11:23

[Provisional Data Subject to Revision](#)

Return to the [Realtime data for the Caribbean District and Central America](#) page.

Select a station number to view graph(s) and other data for the station.

A table of [recent rainfall](#) is also available.

Station Number	Station Name	Long-term median flow		Flow	Stage	Date/Time
		05/14				
Río Guajataca Basin, PR						
50010500	R Guajataca at Lares	3.0		2.3	7.48	05/14 11:15
50010800	Lago Guajataca at Damsite	608		--	637.37	05/14 09:55
Río Camuy Basin, PR						
50014800	R Camuy nr Bayaney	78		106	4.80	05/14 10:30
Río Grande de Arecibo Basin, PR						
50020100	Lago Garzas nr Adjuntas	2414		--	***	05/14 11:15
50020500	R Gde de Arecibo nr Adjuntas	24		17	5.26	05/14 10:15
50021030	R Pellejas abv C. Pellejas	--		25	4.52	05/14 10:15
50021700	R Gde de Arecibo abv Utuado	4.9		37	2.39	05/14 09:15
50022810	R Vivi blw Hacda. El Progreso	--		--	1.27	05/14 10:15
50024400	Rio Vivi near Utuado	--		--	4.48	05/14 10:30
50024950	R Gde de Arecibo blw Utuado	46		48	4.70	05/14 07:45
50025155	R Saliente at Coabey, Jayuya	20		16	4.55	05/14 10:45
50025850	Rio Jauca at Paso Palma	--		24	1.30	05/14 10:30
50026025	R Caonillas at Paso Palma	34		41	4.34	05/14 10:30

50026140	Lago Caonillas at Damsite	805	--	821.28	05/14 11:10
50026200	R Caonillas blw Lago C Tunnel	--	--	2.82	05/14 11:15
50026400	R Yunes at Hwy 140 nr Florida	--	18	4.51	05/14 10:45
50027000	R Limon abv Lago Dos Bocas	--	40	6.01	05/14 10:30
50027100	Lago Dos Bocas at Damsite	--	--	291.29	05/14 10:30
50027250	R Gde Arecibo blw Dos Bocas	--	--	7.07	05/14 11:15
50027750	R Gde de Arecibo abv Arecibo	330	5.1	1.82	05/14 10:30
50028000	Rio Tanama nr Utuado	29	58	3.78	05/14 10:30
50028400	R Tanamá at Charco Hondo	80	86	4.86	05/14 11:05
50029000	R Gde de Arecibo, Cambalache	490	146	3.37	05/14 09:15

Río Grande de Manatí Basin, PR

50030460	R Orocovis at Orocovis	6.0	3.9	6.02	05/14 07:15
50031200	R Gde de Manatí nr Morovis	66	26	1.36	05/14 11:00
50032290	Lago El Guineo at Damsite	2960	--	2941.66	05/14 11:15
50032590	Lago Matrullas at Damsite	2414	--	2415.19	05/14 10:20
50034000	R Bauta nr Orocovis	18	21	6.49	05/14 10:55
50035000	R Gde de Manatí at Ciales	156	***	***	05/14 11:01
50038100	R Gde Manatí at Highway 2	215	176	10.73	05/14 09:45

Río Cibuco Basin, PR

50038320	R Cibuco blw Corozal	14	6.6	3.57	05/14 09:00
50039500	R Cibuco at Vega Baja	95	42	4.32	05/14 10:30

Río de la Plata Basin, PR

50039990	Lago Carite at Gate Tower	1782	--	1771.09	05/14 10:45
50043000	R de la Plata at La Plata	26	14	7.66	05/14 11:00
50043800	R de la Plata at Comerio	38	28	5.08	05/14 10:40
50044810	R Guadiana at Guadiana	--	--	2.34	05/14 10:30
50045000	Lago La Plata at Damsite	163	--	165.95	05/14 10:30
50045010	R de la Plata blw Damsite	0.6	2.9	7.05	05/14 10:45
50046000	R de la Plata at Highway 2	80	172	3.39	05/14 10:30

Río de Bayamón Basin, PR

50047550	Lago de Cidra at Damsite	--	--	1309.90	05/14 10:30
50047560	R de Bayamón blw Lago Cidra	10	14	8.32	05/14 09:45
50047850	R de Bayamón nr Bayamón	12	7.9	1.65	05/14 10:00

Río Puerto Nuevo Basin, PR

50048680	Lago Las Curias at Damsite	316	--	315.78	05/14 08:30
50048690	Queb Las Curias	--	1.4	7.44	05/14 10:50
50048770	R Piedras at El Señorial	6.5	6.7	4.45	05/14 09:45
50049100	R Piedras at Hato Rey	29	13	5.19	05/14 09:00

Río Grande de Loíza Basin, PR

50050900	R Gde de Loíza at Queb Arenas	14	7.8	5.16	05/14 09:30
50051150	Queb Blanca at El Jagual	1.8	1.3	3.92	05/14 10:30
50051180	Queb Salvatierra, San Lorenzo	1.5	1.7	4.10	05/14 10:30
50051310	R Cayaguas at Cerro Gordo	17	***	6.39	05/14 09:30
50051800	R Gde de Loíza nr San Lorenzo	41	41	7.46	05/14 08:30
50053025	R Turabo abv Borinquen	8.0	9.7	4.24	05/14 09:05
50055000	R Gde de Loíza at Caguas	74	104	4.60	05/14 10:30
50055100	R Cagüitas nr Aguas Buenas	3.1	4.0	***	05/14 08:30
50055225	R Cagüitas at Villa Blanca	15	11	7.74	05/14 09:45
50055390	R Bairoa at Bairoa	3.7	3.9	4.29	05/14 09:50
50055750	R Gurabo blw El Mango	12	12	9.41	05/14 08:45
50056400	R Valenciano nr Juncos	13	9.5	2.51	05/14 09:30
50057000	R Gurabo at Gurabo	38	23	5.10	05/14 10:45
50058350	R Cañas at R Cañas	4.3	5.3	9.08	05/14 09:10
50059000	Lago Loíza at Damsite	135	--	132.39	05/14 10:45
50059050	R Gde de Loíza blw Damsite	6.2	3.2	4.40	05/14 11:10
50059210	Quedrada Gde. at Dos Bocas	--	--	4.22	05/14 10:45
50061800	R Canóvanas nr Campo Rico	12	5.3	2.86	05/14 11:00

Río Espíritu Santo Basin, PR

50063800	R Espíritu Santo nr R Gde	35	14	3.16	05/14 10:15
50064200	R Gde nr El Verde	22	12	4.01	05/14 08:15

Río Mameyes Basin, PR

50065500	R Mameyes nr Sabana	55	33	1.96	05/13 17:30
50066000	R Mameyes at Mameyes	311	36	4.65	05/14 07:15

Río Sabana Basin, PR

50067000	R Sabana at Sabana	16	5.8	8.14	05/14 09:30
--------------------------	--------------------	----	-----	------	-------------

Río Fajardo Basin, PR

50070500	R Fajardo abv Fajardo	23	18	1.66	05/14 09:30
50071000	R Fajardo nr Fajardo	39	30	3.40	05/14 10:30

Río Blanco Basin, PR

50074950	Queb Guaba nr Naguabo	0.5	0.2	8.58	05/14 08:15
50075000	R Icacos nr Naguabo	14	5.9	1.19	05/14 10:15

Río Humacao Basin, PR

50081000	R Humacao at Las Piedras	10	9.7	0.71	05/14 11:00
--------------------------	--------------------------	----	-----	------	-------------

Río Maunabo Basin, PR

50090500	R Maunabo at Lizas	7.6	12	3.16	05/14 09:30
--------------------------	--------------------	-----	----	------	-------------

Río Grande de Patillas Basin, PR

50092000	R Gde de Patillas nr Patillas	22	20	4.84	05/14 10:30
50093000	Rio Marin near Patillas	--	4.5	4.04	05/14 10:45
50093045	Lago Patillas at Damsite	222	--	221.11	05/14 10:15

Río Salinas Basin, PR

50100200	Rio Lapas nr Rabo del Buey	0.8	1.9	5.64	05/14 10:15
50100450	R Majada at La Plena	1.9	1.7	3.22	05/14 10:55

Río Coamo Basin, PR

[50106100](#) R Coamo at Coamo 7.7 12 5.43 05/14 05:00

Río Jacaguas Basin, PR

[50110900](#) R Toa Vaca abv Lago Toa Vaca -- *** 2.89 05/14 10:15

[50111210](#) Lago Toa Vaca at Damsite 500 -- 479.75 05/14 09:30

[50111300](#) Lago Guayabal at Damsite 341 -- 340.42 05/14 09:30

[50111500](#) R Jacaguas at Juana Díaz 6.3 36 5.59 05/14 09:15

Río Inabón Basin, PR

[50112500](#) R Inabón at Real Abajo 9.6 19 2.15 05/14 10:45

Río Bucaná Basin, PR

[50113800](#) R Cerrillos abv L Cerrillos 11 3.5 1.67 05/14 11:00

[50113950](#) Lago Cerrillos at Damsite 566 -- 573.64 05/14 11:00

[50114000](#) R Cerrillos nr Ponce 11 464 3.76 05/14 11:05

[50114390](#) R Bucaná at Highway 14 Bridge 8.0 371 9.33 05/14 11:15

Río Portugués Basin, PR

[50114900](#) R Portugués at Tibes 56 60 6.57 05/14 09:00

Río Guayanilla Basin, PR

[50124200](#) R Guayanilla nr Guayanilla 7.3 100 6.07 05/14 11:00

Río Yauco Basin, PR

[50125780](#) Lago Lucchetti at Damsite -- -- 570.22 05/14 08:00

Río Loco Basin, PR

[50128900](#) Lago Loco at Damsite 228 -- 230.25 05/14 10:30

[50128905](#) Irrigation Canal blw Loco -- 7.4 0.58 05/14 10:15

Río Guanajibo Basin, PR

50131990	R Guanajibo at Highway 119	7.1	2770	10.21	05/14 08:15
50136400	R Rosario nr Hormigueros	27	29	2.12	05/14 09:15
50138000	R Guanajibo nr Hormigueros	43	243	11.53	05/14 08:00

Río Grande de Añasco Basin, PR

50141500	Lago Guayo at Damsite	1455	--	1460.06	05/14 08:35
50144000	R Gde de Añasco	143	258	2.69	05/14 10:45

Río Culebrinas Basin, PR

50147800	R Culebrinas at Highway 404	70	171	9.75	05/14 09:30
50148890	R Culebrinas at Margarita Dam	--	244	6.71	05/14 11:00

Dirección electrónica: <http://pr.water.usgs.gov>

Definitions:

"Flow" defined as the volume of water that passes a given point within a given period of time.

"Stage" defined as the height of the water surface above an established datum plane; not necessarily referenced to mean sea-level nor NGVD

"Long-term median flow" defined as the median of the daily-mean flows on this date for the period of record (in cubic feet per second)

Abbreviations:

abv	above
blw	below
Gde	Grande
nr	near
Queb	Quebrada
R	Río

Units:

Streamflow in cubic feet per second

Stage (gage height) in feet

Symbols:

-- Parameter unavailable

*** Data temporarily unavailable

[Explanation of terms:](#)

 [National index of USGS sites with current streamflow conditions data](#)

 [Caribbean District Home Page](#)

Please direct questions or comments to [<webmaster@dprsj1.er.usgs.gov>](mailto:webmaster@dprsj1.er.usgs.gov) or contact:

District Chief
U.S. Geological Survey
Caribbean District Office
GSA Center
651 Federal Drive, Suite 400-15
Guaynabo, PR 00965
(787) 749-4346

Organizaciones Informativas

1. U.S. Geological Survey
Branch of Information Services
PO Box 25286
Denver, Colorado 80225-0286
Tel. (303) 202-4700

O comunicarse con:

“Earth Science Information Center” (ESIC)

Tel (303) 202-4200

2. **El Arte y La Ingeniería, Inc.**
PO Box 922
Caguas, PR 00726
Tel/Fax (787) 743-4221

Teresa Gómez - Administradora

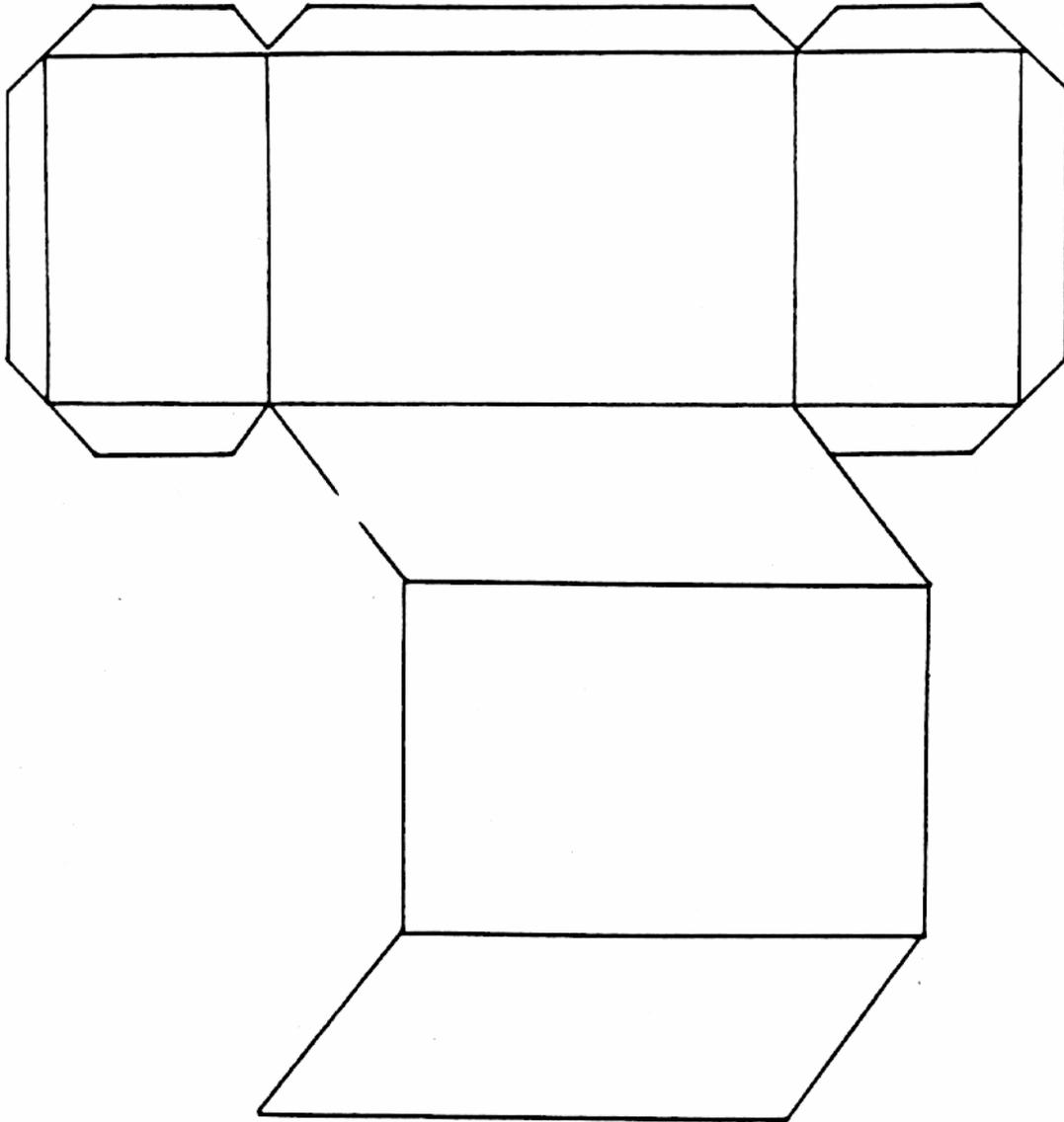
3. Caribbean Aerial Surveys, Inc.
Programmteric Engineering
1222 Americo Miranda Ave.
Río Piedras, PR 00921
Tel (787) 783-4901
Fax (787) 783-7499

Instrucciones para el uso del Timol ($C_{10}H_{14}O$)

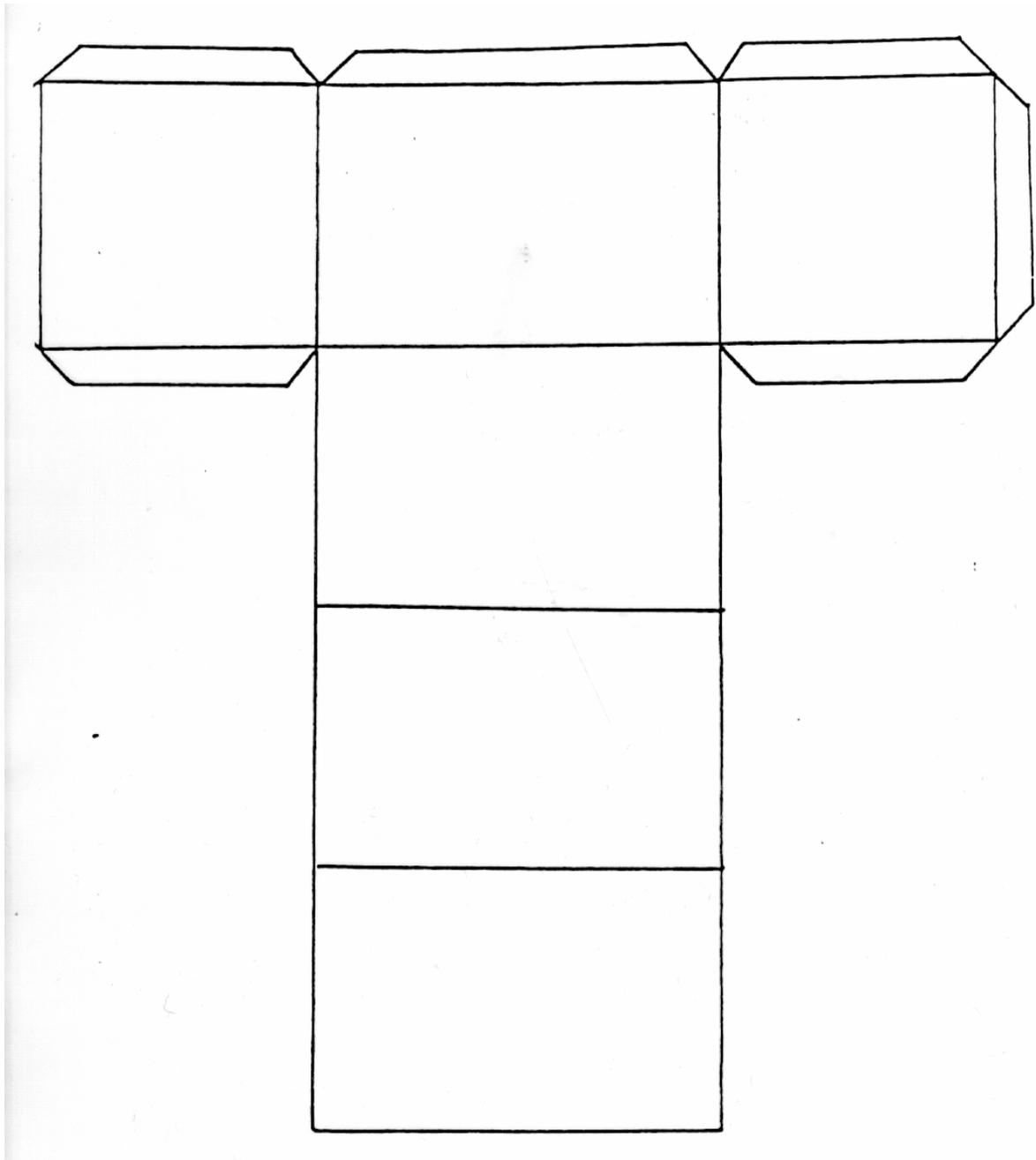
Procedimiento:

1. Coloca varios cristales de Timol en un cristal de reloj. Caliéntalo a fuego lento hasta que se fundan aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes de los cristales de Timol. Retíralos inmediatamente del calor y colócalo sobre hielo.
2. Repite el procedimiento con el otro cristal de reloj y colócalo sobre la mesa para que se enfríe a temperatura de salón.
3. Observa los cristales formados con la lupa. Anota tus observaciones en la libreta. Haz un dibujo de lo observado.
4. ¿Cuál de los dos procedimientos produjo un cristal más grande? ¿El que se enfrió a temperatura de salón o el que se enfrió con el hielo?

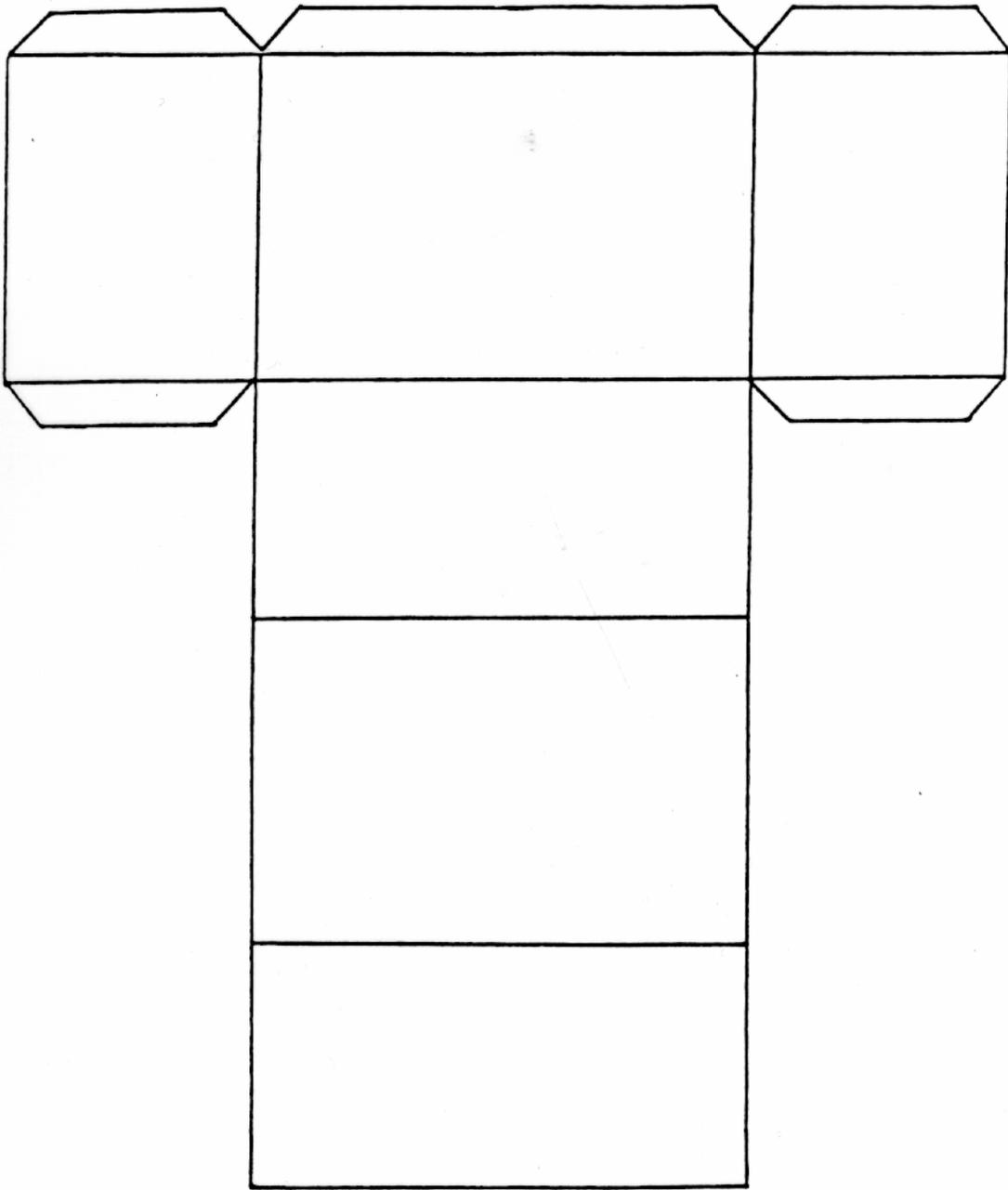
Figuras Geométricas



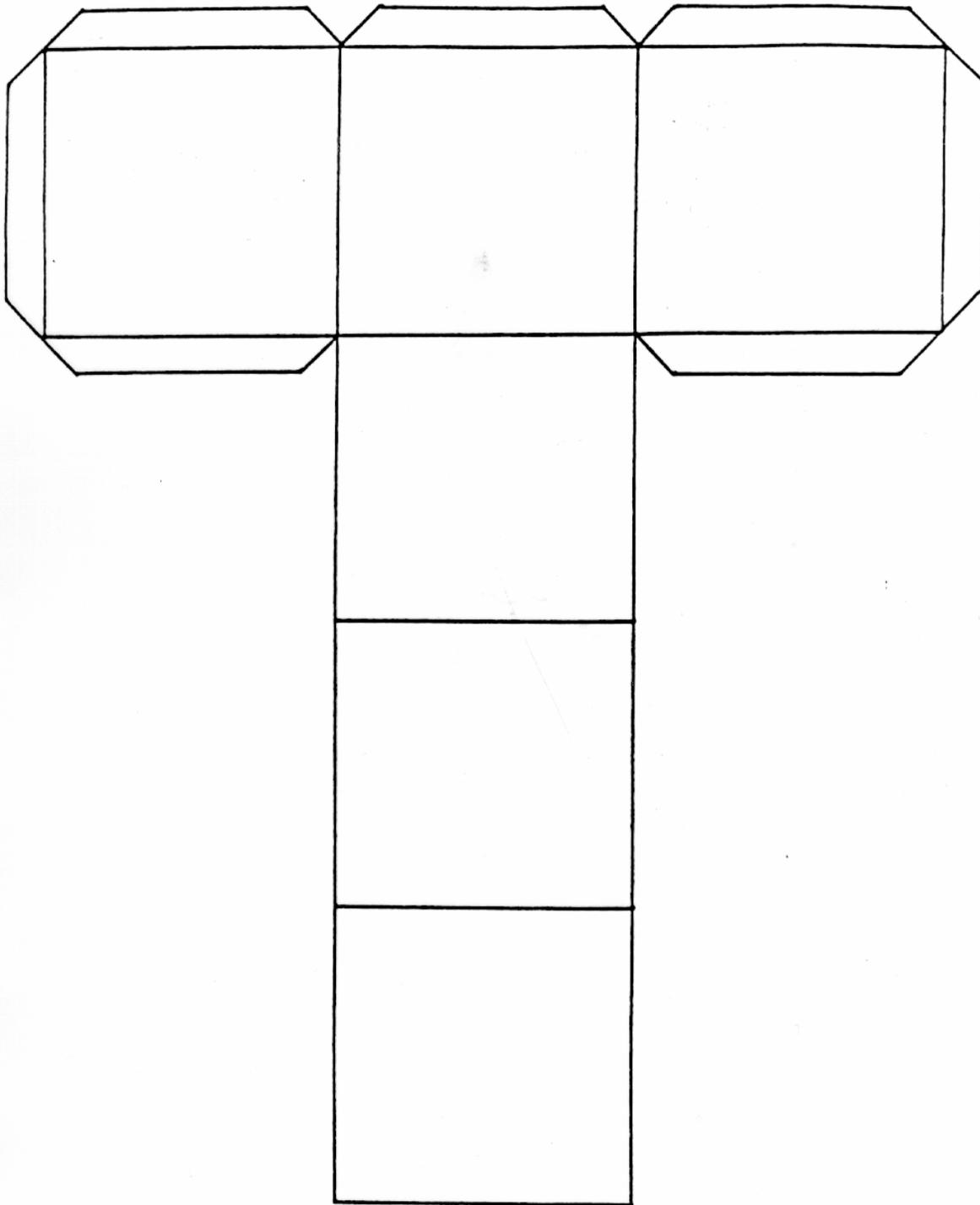
Monoclinic Crystal System



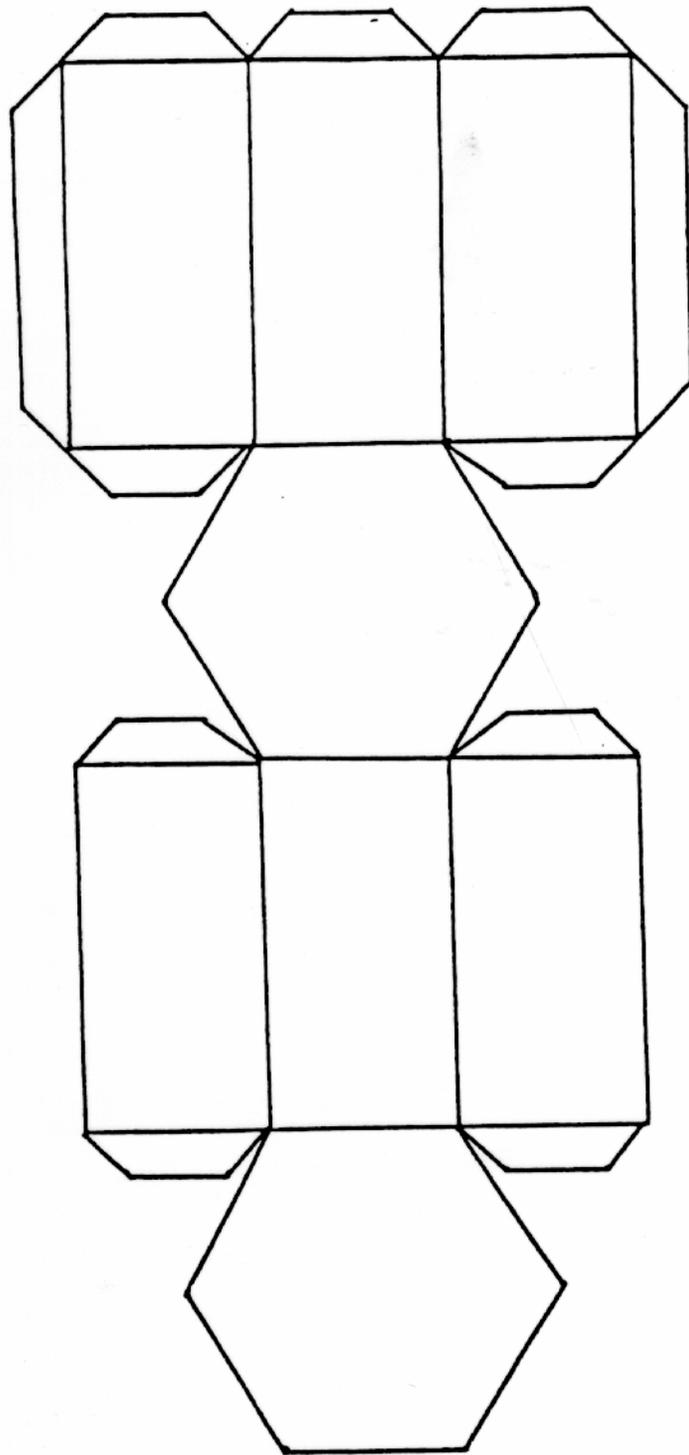
Tetragonal Crystal System



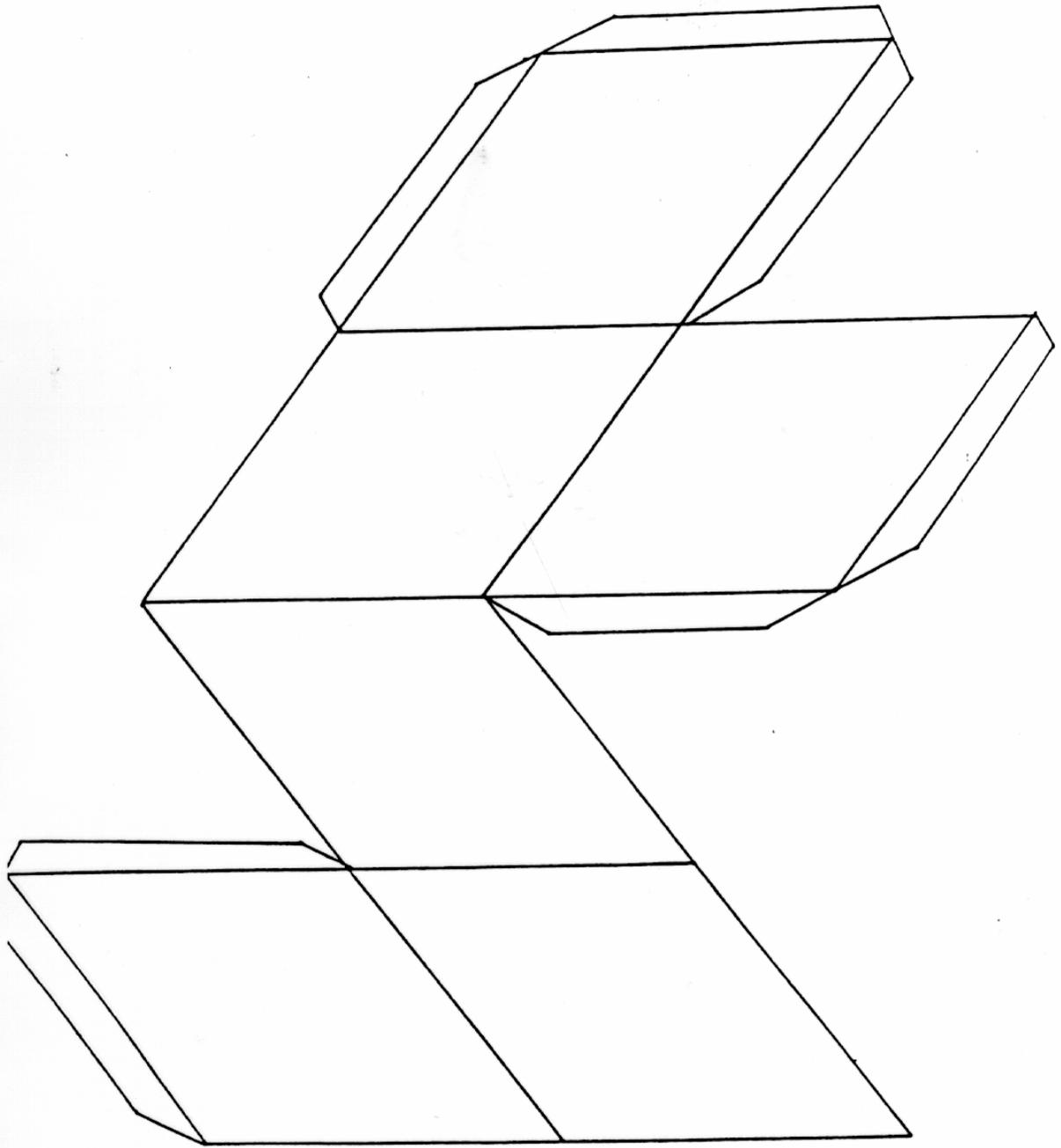
Orthorhombic Crystal System



Cubic Crystal System



Hexagonal Crystal System



Rhombohedral Crystal System

Gravedad Específica

- 1- La gravedad específica es la densidad de cualquier sustancia dividida por la densidad del agua.

$$\text{G.E.} = \frac{\text{densidad de la sustancia}}{\text{Densidad del agua}}$$

La densidad del agua siempre es bien cercana a 1 g/mL.

Ejemplos:

100 mL de agua:

$$\begin{aligned} \text{cilindro y agua} &= 167.6 \text{ g} \\ \text{(menos) cilindro} &= \underline{67.6 \text{ g}} \\ \text{agua} &= 100.0 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{densidad} = \frac{100.0 \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 1 \text{ g/mL}$$

50 mL de agua:

$$\begin{aligned} \text{cilindro de agua} &= 117.6 \text{ g} \\ \text{(menos) cilindro} &= \underline{67.6 \text{ g}} \\ \text{agua} &= 50.0 \text{ g} \end{aligned}$$

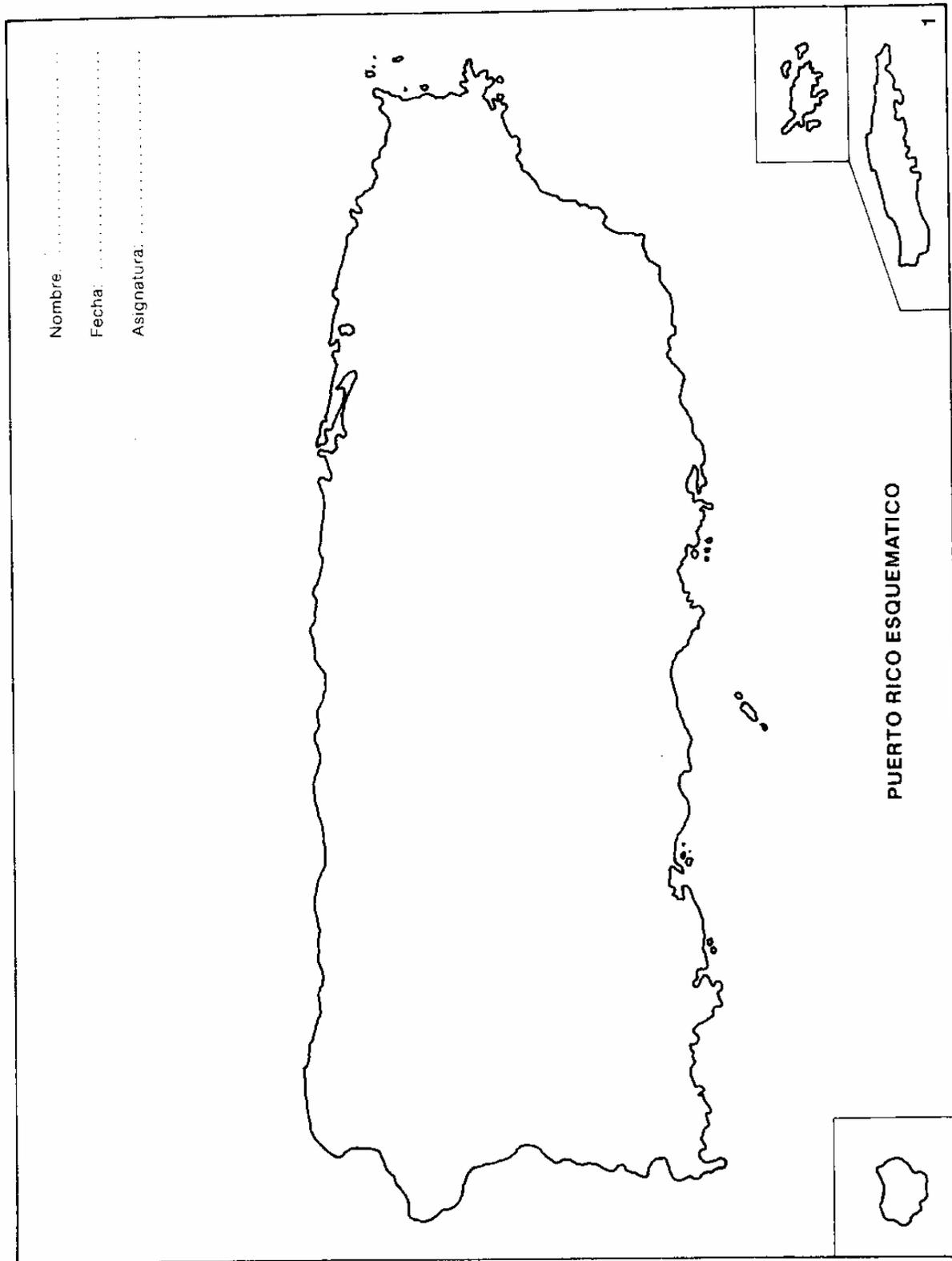
$$\text{densidad} = \frac{50.0 \text{ g}}{50 \text{ mL}} = 1 \text{ g/mL}$$

- 2- La gravedad específica tiene el mismo valor numérico que la densidad. La única diferencia son las unidades utilizadas. La densidad se expresa en unidades de g/mL. La Gravedad Específica es la razón de dos números, no tiene unidades.

Ejemplos:

Si la densidad del granito es de 2.7 g/mL para buscar su GE se divide la densidad del granito entre la densidad del agua; $2.7 \text{ g/mL} \div 1.0 \text{ g/mL} = 2.7$

Si la piedra Pómez flota en el agua, entonces debe ser menos densa que el agua. por lo tanto su gravedad específica debe ser menos de 1.



Instrucciones-Fósiles

Materiales:

Yeso

Agua

Concha de almeja u otro objeto

Vaselina

Plasticina

1. Selecciona un objeto (una concha de almeja funciona muy bien) para crear tu propio fósil de impresión y fósil de molde. Cubre tu objeto con una capa fina de vaselina. Con mucho cuidado presiona tu objeto en la plasticina. Cuidadosamente remueva el objeto. Has creado un fósil de impresión.
2. Con mucho cuidado, cubre la impresión que hiciste en la plasticina, con una capa fina de vaselina. Llena la impresión con yeso.
3. Cuando el yeso esté seco, remuévalo de la plasticina. Haz creado un fósil de molde.

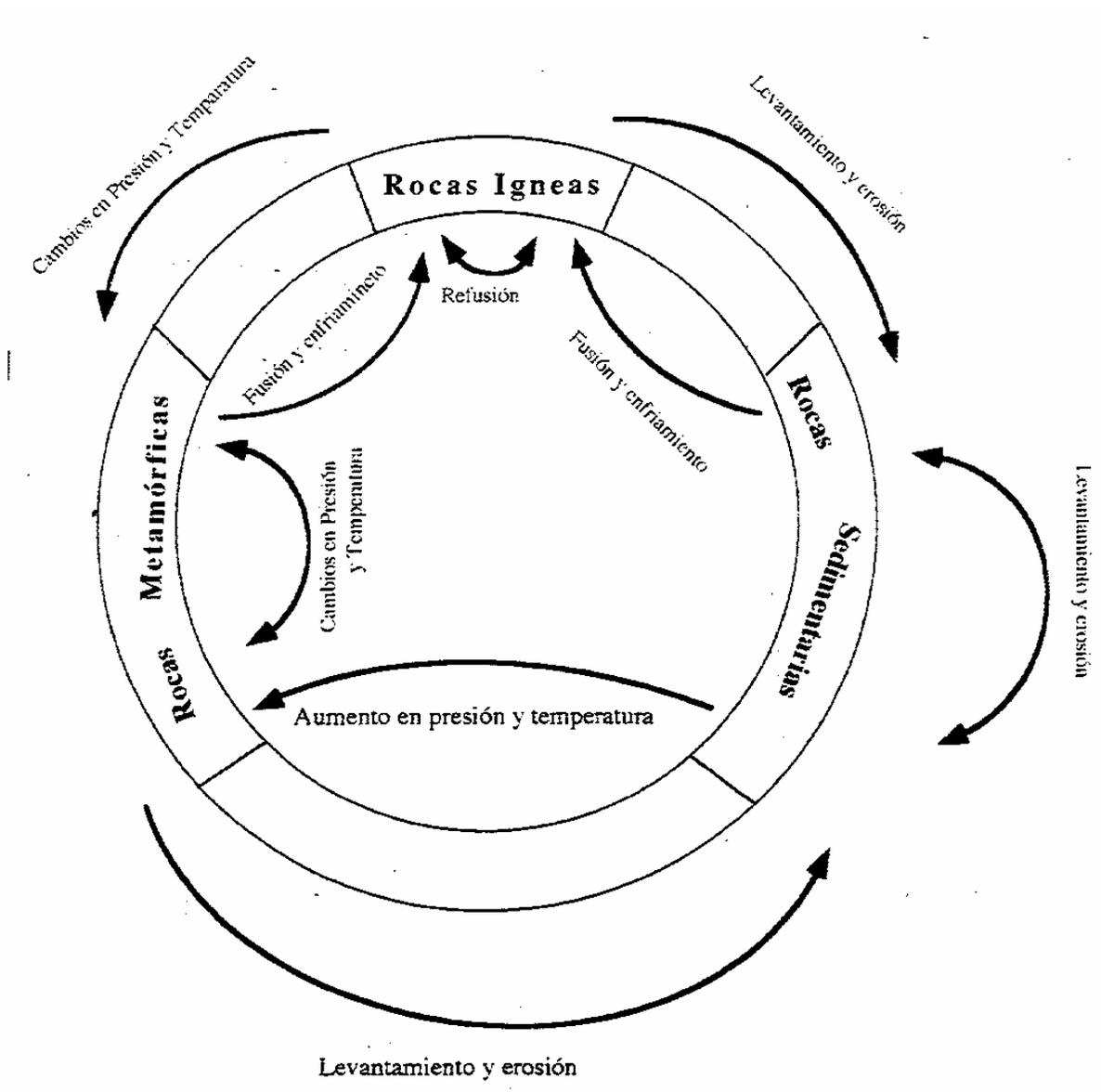
Nota: Para crear la mezcla de yeso utilice 80 mL de agua y lentamente añada yeso. Con una cuchara plástica mueva la mezcla hasta que alcance una consistencia de una crema espesa. Si la mezcla se pone muy densa añada agua, si es muy aguada añada yeso.

LAS ROCAS SEDIMENTARIAS				
	Nombre	Textura	Composición	Comentarios
Clásticas	Conglomerado	Piedras redondas (>2mm de diámetro)	Cualquier tipo de roca o mineral	Las piedras están cementadas con la arena y arcilla
	Brecha	Piedras angulares (>2mm)	Cualquier tipo de roca o mineral	Las piedras cementadas con arena y arcilla
	Arenisca	Tamaños de granos de arena (0.0625-2 mm)	Cuarzo (más común) o fedelpasto y cuarzo	Cementadas por calcita, óxido de hierro o arcilla
	Rocas de cieno y de arcilla	Granos muy finos (0.004-0.06 mm)	Mayormente cuarzo y arcilla	Textura arenosa
	Esquisto arcilloso	Gránulos microscópicos y escamas	Mayormente arcilla, alguna mica	Ocurre en capas, no tiene textura arenosa
No Clásticas	Piedra caliza	Cristales desde gruesos hasta microscópicos	Calcita o conchas microscópicas	Creta-conchas microscópicas; otras piedras calizas-precipitados o evaporitas
	Chert (piedra pedernal)	Cristales microscópicos	Calcedonia	Común como masa o como un precipitado
	Alabastro (roca de yeso)	Cristales desde microscópicos hasta gruesos	Yeso o anhidrita	Evaporita
	Sal gema	Cristales cúbicos	Halita	Evaporita
	Turba, lignita	Fragmentos de plantas desde gruesos hasta microscópicos	Producto de la descomposición de plantas en ausencias de oxígeno	Fragmentados de plantas o gránulos finos de compuestos de carbono

LOS MINERALES CON LUSTRE NO METÁLICO				
Mineral	Color	Veta o raya de color	Peso específico	Sistema de cristales
Talco	blanco, verdoso	blanco	2.8	monoclínico
Bauxita	gris, rojo, blanco, marrón	gris	2.0 – 2.5	
Caolín	blanco, rojo marrón rojizo, negro	blanco	2.6	monoclínico
Yeso	incoloro, gris, blanco, marrón	blanco	2.3	monoclínico
Asbesto	verde a amarillo verdoso	incoloro	2.2	monoclínico
Azufre	amarillo	amarillo a blanco	2.0	ortorrómbico
Mica	blanco, gris pálido, amarillo, rosado, verde	incoloro	2.8	monoclínico
Biotita	negro a marrón oscuro	incoloro	2.8 – 3.4	monoclínico
Sal gema	incoloro, rojo, blanco, azul	incoloro	2.1	cúbico
Calcita	incoloro, blanco, tintes pálidos	incoloro blanco	2.7	hexagonal
Dolomita	incoloro, blanco, rosa, verde, gris oscuro	blanco	2.8	hexagonal

Nota: Para descripciones de más minerales favor referirse a las pgs. 94 y 95 del libro “La ciencia de la Tierra y el espacio” Ciencia 9 de Merrill

Ciclo de las Rocas



El ciclo rocoso. De acuerdo a los procesos que una roca sea expuesta ésta puede cambiar a ígnea, sedimentaria o metamórfica. Las flechas muestran los cambios posibles (Modificado de Coch y Ludman, 1991).

Estado Libre Asociado de Puerto Rico
Corporación de Desarrollo de Recursos Minerales
San Juan, Puerto Rico

CLASES DE ARENAS

EN

Puerto Rico

Por: Leovigildo Vázquez Iñigo
Geólogo
Octubre de 1983

CLASES DE ARENA EN PUERTO RICO

Por: Leovigildo Vázquez Iñigo

I. INTRODUCCIÓN

En Puerto Rico abundan los tipos o clases de arena dependiendo de su composición mineralógica y esta última queda determinada por la clase de roca de la cual se forma o por la fuente marina (corales, conchas, foraminifera, etc.) de la cual se origina.

Nota: En la breve relación que a continuación se presenta no hemos pretendido ser tratadistas en la materia, aunque contamos con el conocimiento pragmático y formal para así hacerlo. Sólo perseguimos el propósito de presentar un cuadro general de la temática tratada, de tal suerte que el mismo sirva como piedra pivotal de estudios más profundos o meramente como material informativo general.

II. TIPOS O CLASES PRINCIPALES DE ARENA

Cuando hablamos de arena nos estamos refiriendo a una acumulación más o menos Heterogénea del detritus fino resultante del intemperismo de rocas pre-existentes. Ya sean estas ígneas, metamórficas o sedimentarias. Naturalmente hay sus excepciones localmente a esta definición bien generalizada.

A continuación una breve exposición de los varios tipos o clases de arena que abundan en la Isla.

A. ARENA DE PLAYA

La arena de playa proviene principalmente del arrastre de sedimentos por los ríos del interior de la Isla y del resquebrajamiento físico-químico de bancos de coral, conchas marinas y caracoles del litoral marino-costanero.

Naturalmente, donde los ríos contribuyen con gran cantidad de sedimentos al sector costanero, como en la costa norte, la composición de la arena queda determinada por los sedimentos que el río trae, y la naturaleza de estos depende de las regiones geológicas por las cuales fluye un río en particular.

Cuando los ríos son bastante secos o estos no abundan, como en el sector de la costa suroeste (Guayanilla a Cabo Rojo), la fuente principal de arena lo constituye el detritus de coral y de conchas marinas, etc.

Examinemos ahora varios tipos de arena alrededor de nuestras playas.

1. Luquillo a Fajardo

Abunda la arena fina, amarillosa, de grano calcáreo bien pulido. Bajo aumento de microscopio puede notarse la abundancia de foraminifera, fragmentos de coral y detritus conchifero.

2. Fajardo a Ceiba

Abunda la mezcla de arena calcárea, (coral, conchas, etc.) con fragmentos de rocas volcánicas y cuarzo.

3. Ceiba a Guayama

Arena compuesta principalmente por granos de cuarzo y en menor grado feldespatos, mica, fragmentos calcáreos y magnetita.

4. Salinas a Ponce

Abunda la arena compuesta principalmente de fragmentos de roca volcánica, cuarzo y detritus calcáreo.

En el área de Salinas abunda la roca semi-redonda, algo pulida y material gravillo-arenoso. En el área de Ponce abunda la arena negra con magnetita (1-3%).

5. Ponce a Cabo Rojo

Arena calcárea principalmente compuesta por fragmentos de coral y conchas marinas.

6. Mayagüez (Guanajibo) a Añasco

Arena compuesta por detritus volcánicos, de serpentina, cuarzo y algo de detritus coralino. Cerca de la desembocadura del río Guanajibo abunda la arena negra por su contenido de magnetita y cromita.

7. Rincón a Camuy

Arena principalmente compuesta por detritus calcáreo (conchas, coral, etc.) cuarzo y fragmentos volcánicos.

8. Arecibo a Palmas Altas de Barceloneta

Arena principalmente cuarsoza con detritus volcánico y calcáreo, feldespatos y magnetita. Este mineral (magnetita) se encuentra en concentraciones del 2 al 10 % inmediata al oeste de la Boca del Río Grande de Manatí, impartándole un color negro a la arena.

9. Manatí a Dorado

Arena compuesta principalmente de detritus calcáreo (conchas, coral, etc.) cuarzo y fragmentos de rocas volcánicas.

10. Playa de Piñones

Arena casi 100% calcárea compuesta principalmente por granos uniformes, bien pulidos de foraminifera, conchas marinas y coral de un color amarillo rosado. Bajo cristal de aumento la foraminifera es bien visible y distinguible.

11. Boca del Río Loiza a Boca Herrera

Arena con un 75% de cuarzo y fragmentos volcánicos, algo de feldespatos y detritus calcáreo. A medida que nos movemos hacia el este (Boca Herrera) disminuye el contenido de cuarzo y aumentan los fragmentos volcánicos y calcáreos.

B. ARENA DE RIOS

La arena de río es mucho más gruesa y de grano más angular e irregular que la de playa. Esto se debe a que en muchos casos el arrastre del río y la abrasión no han sido lo suficiente para desgastar el grano al máximo. Además, la composición depende del ambiente geológico recorrido por el río. Podemos identificar dos (2) tipos principales de arena de río como sigue:

- a. Arena compuesta principalmente por fragmentos de todo tipo de rocas volcánicas con cuarzo en cantidades variables, pero pequeñas. Se encuentra en casi todos los ríos mayores de la Isla.
- b. Arena con abundante cuarzo, de feldespatos, mica y fragmentos de rocas ígneas intrusiva, con algo de detritus volcánico. Abunda en los ríos del área de Utuado-Jayuya-Adjuntas y del área de San Lorenzo-Caguas-Juncos-Humacao.

C. ARENA SILICEA

Este es un caso especial, una aberración geológica por así decirlo. Es una arena muy fina, de grano bien uniforme y angular compuesta prácticamente de un 100% de cuarzo. Aparece en la costa norte de Puerto Rico, dentro de las áreas calizas, en forma de bolsillos aislados, desde Camuy en el oeste hasta Loíza en el este. Los mayores depósitos ocurren en el área de la Laguna de Tortuguero. La arena silícea de granos más gruesos y mezclada con arcilla caolinítica abunda también en el Lago Tortuguero y en las Lagunas Torrecilla, San José y Condado.

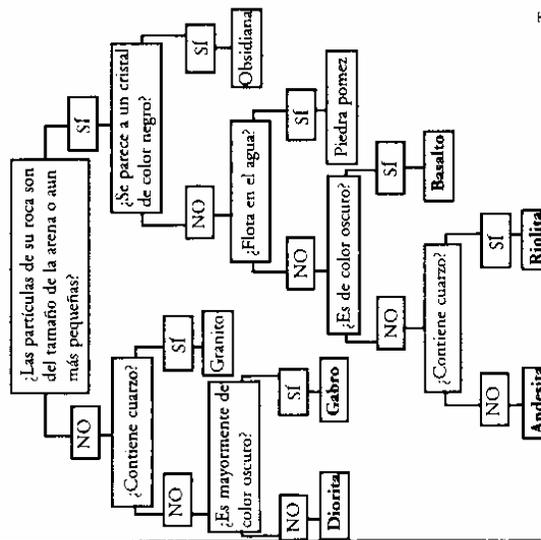
Claves dicotómicas para clasificar rocas

Una piedra preciosa (diamante, rubí, zafiro ...) o semi-preciosa (ópalo, ágata, turmalina ...) siempre nos llama la atención. Pero la mayoría de las rocas nos dejan indiferentes. Los geólogos, sin embargo, disfrutan cada roca. Esto es así porque ellos saben que las rocas son aventuras del tiempo lejano, y solo de mirarlos con atención pueden decir cómo y hace qué tiempo se formaron.

Hay tres tipos fundamentales de rocas: ígneas, metamórficas y sedimentarias. A continuación ofrecemos unas claves dicotómicas. Las mismas sirven para clasificar muy fácilmente las principales rocas de cada tipo. Hemos puesto en **negrita** los nombres de aquellas rocas que se pueden encontrar en Puerto Rico. Tratar de identificar las rocas por el método aquí sugerido tiene el beneficio adicional de ejercitar en los alumnos la utilización de claves dicotómicas. Este tipo de clave se usa con frecuencia en la identificación de las distintas especies de animales, plantas y hongos. Para esta actividad se requiere el uso de una pequeña cantidad de ácido clorhídrico (vinagre de buena calidad puede servir), y un gotero. Siempre evite el contacto del ácido con la piel, la boca y los ojos.

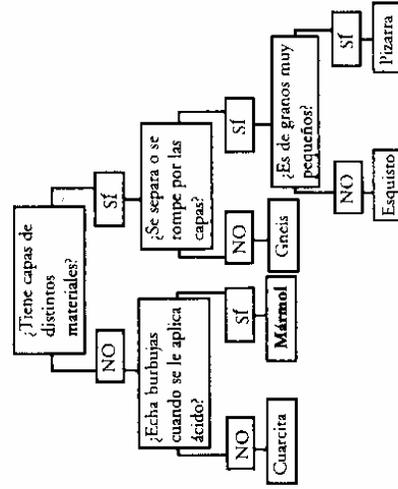
Rocas ígneas

Son aquellas que se forman por la cristalización de la lava o el magma volcánico.



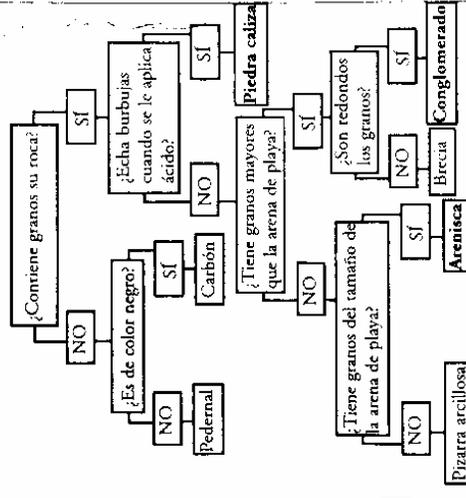
Rocas metamórficas

Son aquellas que resultan de la transformación de rocas ya existentes a consecuencia de las grandes presiones y altas temperaturas en las profundidades de la corteza terrestre.



Rocas sedimentarias

Son aquellas que se han formado a consecuencia de la sedimentación de distintas capas paralelas de arenas y arcillas. Por consiguiente, son rocas secundarias, formadas por elementos derivados de otras rocas anteriores.



Tomado del libro: *Discovering Science Series - Earth Science*